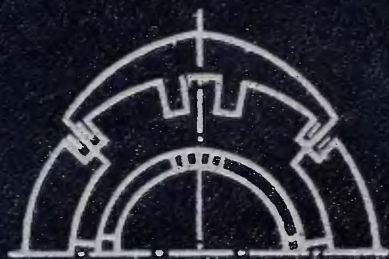


А.А.ОСЬМАКОВ



ТЕХНОЛОГИЯ
И ОБОРУДОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
МАШИН

А. А. ОСЬМАКОВ

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Допущено
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебника для электромеханических
и электромашиностроительных техникумов



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»
Москва — 1971

6П2.1.081
0-72
УДК 621.313

Осьмаков А. А.

О-72 Технология и оборудование производства электрических машин. Учебник для техникумов. М., «Высш. школа», 1971. 344 с. с илл.

В книге изложены технологические процессы механической обработки основных деталей электродвигателей, штамповки и сборки магнитопроводов, изготовления и укладки катушек роторов, статоров и якорей, а также сборки и испытания отдельных сборочных единиц и в целом электродвигателей переменного и постоянного тока.

Технологические процессы рассматриваются применительно к электродвигателям наиболее распространенных серий, выпускаемых электротехнической промышленностью.

Учебник предназначен для учащихся электромеханических техникумов и может быть использован инженерно-техническими работниками электромашиностроительных заводов.

3-3-10
329—71

6П2.1.081

Р е ц е н з е н т ы:

А. Ю. СОКОЛОВСКИЙ; А. А. РАБИНОВИЧ — канд. техн. наук

ПРЕДИСЛОВИЕ

Заводы электротехнической промышленности выпускают различные электрические машины от микродвигателей мощностью несколько ватт до турбо- и гидрогенераторов мощностью сотни тысяч киловатт. Все эти машины отличаются по конструкции и технологии изготовления. Однако наиболее массовой продукцией большинства заводов являются электрические машины средней и малой мощности, изучение технологии изготовления которых и предусмотрено программой курса «Технология и оборудование производства электрических машин» для учащихся электромеханических техникумов.

В основу группирования материала по главам положена технологическая общность изготовления рассматриваемых деталей и сборочных единиц электрических машин.

Отсутствие в отрасли технологического классификатора изделий и типовых технологических процессов делает необходимым изучение технологии изготовления тех или иных групп деталей и сборочных единиц строить на основе процессов работы передовых заводов, выпускающих электрические машины наиболее массовых серий. С этой целью в начале глав приводятся чертежи конструкций деталей или сборочных единиц, являющихся наиболее характерными изделиями данного наименования.

Автор выражает благодарность канд. техн. наук А. А. Рабиновичу и инженеру А. Ю. Соколовскому за ценные замечания, сделанные ими при рецензировании рукописи.

Автор

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИЯ

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ

§ 1-1. Краткий обзор развития электромашиностроения

Электротехническая промышленность — одна из ведущих отраслей машиностроения. Уровень ее развития оказывает решающее влияние на темпы роста производительности труда в народном хозяйстве.

Царская Россия имела отсталую электротехническую промышленность, объем продукции которой составлял всего 2,5% от мирового выпуска 1913 г., а уровень ее развития был таким, какой имели 30—40 лет назад передовые в то время страны.

В России было всего 16 электротехнических предприятий с общим количеством рабочих немного более 10 тыс. Большинство заводов принадлежало иностранным капиталистам. Эти заводы занимались сборкой изделий из деталей и полуфабрикатов, изготовленных за границей. Наиболее крупными предприятиями были в Петербурге — завод «Электросила», Москве — завод «Динамо», Харькове — Харьковский электромеханический завод (ХЭМЗ).

Удельный вес иностранного капитала в электротехнической промышленности составлял около 70%.

После гражданской войны и вызванной ею разрухи слабо развитые электротехнические предприятия практически прекратили выпуск продукции.

В соответствии с планом ГОЭЛРО наряду со строительством электростанций начинает развиваться и электротехническая промышленность.

В 1924—1925 гг. электротехническая промышленность на два года раньше, чем вся промышленность страны, достигла довоенного уровня производства.

Курс на индустриализацию, взятый страной после восстановления довоенного уровня народного хозяйства, требовал ускоренного развития электротехнической промышленности и в первую очередь электромашиностроения. Всем отраслям народного хозяйства, особенно тяжелой промышленности, во все возрастающем количестве требовались электрические машины — электродвигатели, генераторы, трансформаторы.

Увеличение выпуска продукции электротехнической промышленности осуществлялось за счет реконструкции действующих и строительства новых предприятий, в результате чего в 1932 г. объем производства электрооборудования возрос в 19 раз по сравнению с 1913 г. В 1940 г. валовая продукция отрасли по сравнению с 1927—1928 гг. увеличилась в 8,4 раза, выпуск крупных электрических машин возрос в 10 раз, электродвигателей переменного тока мощностью до 100 *квт*—в 6,6 раза.

Во время Великой Отечественной войны электротехнические предприятия наряду с выпуском электрооборудования, необходимого для нужд народного хозяйства, выпускали изделия для военной техники.

В послевоенный период электротехническая промышленность получила широкое развитие. На востоке страны для выпуска электродвигателей мощностью до 100 *квт* были построены заводы: «Сиб-электромотор» (г. Томск), «Уралэлектромотор» (г. Медногорск), «Кузбассэлектромотор» (г. Кемерово). Наряду со строительством новых реконструировались действующие предприятия.

Благодаря проведенной унификации и нормализации узлов и деталей электрических машин и аппаратов, созданию единых серий электрических машин удалось специализировать основные электромашиностроительные заводы и выпускать ограниченное количество наименований изделий, в результате чего характер производства на них изменился с мелкосерийного на крупносерийный или массовый.

Наряду с увеличением выпуска изделий повышалось и качество электротехнической продукции. Устаревшие изделия заменялись новыми с более высокими характеристиками и менее трудоемкими в изготовлении, совершенствовались технология и формы организации производства. Мощность изготовленных в 1965 г. электродвигателей была в 120 раз больше, чем в дореволюционной России.

В текущем пятилетии (1971—1975 гг.) перед электротехнической промышленностью поставлена задача резко увеличить выпуск продукции за счет повышения производительности труда при значительном улучшении качества электрооборудования.

Развитие электромашиностроения проследим на примере развития производства асинхронных двигателей общепромышленного применения мощностью до 100 *квт*, выпуском которых заняты свыше 30 электромашиностроительных заводов страны. Эти двигатели, установленные на предприятиях, потребляют более 60% электрической энергии, идущей на нужды промышленности.

В первые годы Советской власти асинхронные двигатели изготавливали в основном заводы «Электросила» (Ленинград), ХЭМЗ и Ярославский электромеханический завод (ЯЭМЗ). Эти предприятия по иностранным чертежам выпускали электродвигатели устаревших конструкций. В конце двадцатых годов заводы «Электросила» и ХЭМЗ разработали и организовали выпуск более совершенных асинхронных двигателей. В предвоенные годы на этих и других электро-

машиностроительных предприятиях проводились работы по совершенствованию изготавливаемых и созданию новых асинхронных двигателей.

Вследствие того что каждый завод выпускал асинхронные двигатели по своим чертежам, при одной и той же мощности они имели различные габаритные и установочные размеры, конструкция их сборочных единиц и деталей была также различной. Все это создавало неудобства в эксплуатации и при ремонте. Отсутствие унификации и нормализации сборочных единиц и деталей затрудняло внедрение передовых технологических процессов. Кроме того, выпускаемые электрические машины не имели достаточного количества модификаций и исполнений, нужных народному хозяйству. Для устранения этих недостатков было принято решение создать единую всесоюзную серию асинхронных двигателей мощностью от 0,6 до 100 *квт*, отвечающую современным требованиям эксплуатации и технологии изготовления. Такая серия была разработана в 1946—1949 гг. научно-техническим бюро Министерства электротехнической промышленности и ВНИИЭМом и внедрена в производство в 1949—1951 гг. Она получила наименование А и АО. Двигатели серии А имели защищенное исполнение, а АО были закрытыми обдуваемыми. При разработке этой серии была принята твердая шкала мощностей, созданы необходимые модификации и исполнения.

Благодаря широкой унификации сборочных единиц и деталей в серии уменьшился ассортимент материалов и обмоточных проводов, необходимых для изготовления двигателей, создались возможности для производства запасных частей.

Единая серия А и АО в момент ее внедрения в производство отвечала требованиям промышленности. Однако какой бы ни была хорошей электрическая машина в данный момент, если не совершенствовать ее конструкцию, она устаревает и перестает отвечать современным требованиям. Поэтому в 1957—1959 гг. была разработана новая единая серия асинхронных двигателей А2 и АО2, в шестидесятих годах — серия А3 и АО3. В связи с выходом электротехнических изделий нашей страны на мировой рынок при проектировании серий А2 и АО2, А3 и АО3 были учтены рекомендации МЭК (Международной электротехнической комиссии) по шкале мощностей и установочным размерам.

По ряду причин серия А3 и АО3 не была полностью внедрена в производство.

С целью дальнейшего совершенствования электрооборудования предполагается создать и внедрить в производство до 1975 г. единую серию асинхронных двигателей А4 и АО4.

Каждая вновь спроектированная серия должна отличаться от предыдущей не только своими более высокими техническими характеристиками, но и надежностью и более совершенными технологическими процессами изготовления. Так, например, в серии А2 электродвигатели 6—9-го габаритов выполнялись с изоляцией класса Е, а в серии А3 предусмотрена изоляция класса F.

При разработке всех серий предусматривалась широкая унификация и нормализация узлов. Это позволило в сравнительно короткие сроки организовать их массовое или серийное производство с внедрением новых наиболее совершенных процессов изготовления.

Подобное развитие претерпевало производство и других электрических машин как переменного, так и постоянного тока. В настоящее время кроме рассмотренной серии электродвигателей электромашиностроительные заводы выпускают:

1) синхронные и асинхронные двигатели мощностью от 100 до 1000 *квт*. Асинхронные двигатели указанной мощности изготавливают в виде единой серии в защищенном исполнении — А и АК и закрытом обдуваемом исполнении — АО. Серия состоит из шести габаритов (10 ÷ 15-й). Ряд характеристик двигателей этой серии лучше характеристик аналогичных машин, выпускаемых фирмами AEG (ФРГ) и ASEA (Швеция);

2) единую серию крупных машин переменного тока (синхронных генераторов, синхронных и асинхронных двигателей) мощностью свыше 1000 *квт*;

3) единую серию машин постоянного тока средней мощности — серию П, состоящую из 11 габаритов и охватывающую машины мощностью до 200 *квт*;

4) серию крупных машин постоянного тока мощностью от 200 до 1400 *квт* (12 ÷ 17-й габариты). Ведутся работы по проектированию машин постоянного тока (18 ÷ 26-й габариты);

5) микромашины для элементов автоматизации и бытовой техники. Микромашины, большинство которых относится к группе двигателей, разделяют на ряд серий. Наиболее массовой из них являются всесоюзная серия АОЛ и серия УЛ (микродвигатели общепромышленного назначения), охватывающие диапазон мощностей от 5 до 600 *вт*. Основное исполнение серии — асинхронные трехфазные двигатели с короткозамкнутым ротором (АОЛ) и универсальные коллекторные двигатели (УЛ) переменного и постоянного тока;

6) электродвигатели во взрывобезопасном исполнении серии ВАО для нужд угольной, химической, нефтяной и газовой промышленности. Диапазон мощности двигателей серии ВАО от 0,27 до 100 *квт*;

7) серии МТВ и ДП для краново-металлургических двигателей, применяемых для привода всевозможных краново-подъемных механизмов, вспомогательных механизмов прокатных станков, исполнительных приводов мощных экскаваторов. Серия МТВ состоит из двигателей переменного тока мощностью от 1,5 до 160 *квт*, а серия ДП — из электродвигателей постоянного тока мощностью от 3 до 150 *квт*;

8) электрические машины специального назначения. К ним относятся тяговые электродвигатели постоянного тока для электровозов и тепловозов, пригородного и городского транспорта; электродвигатели для морских и речных судов; погружные электродвигатели для артезианских скважин и другие.

§ 1-2. Характеристика и особенности технологии электромашиностроения

Изготовление электрической машины — совокупность различных технологических процессов, состоящих из:

- а) получения заготовок деталей машины;
- б) механической обработки деталей;
- в) штамповки деталей из тонколистовой стали, цветных металлов и изоляционных материалов;
- г) изготовления и укладки обмоток;
- д) сборки сборочных единиц и машины в целом;
- е) контроля и испытания обмоток.

Рассмотрим кратко эти процессы.

Получение заготовок включает в себя процессы: отливку из чугуна и стали в земляные и металлические формы заготовок деталей машин, имеющих сложную конфигурацию (станины, подшипниковые щиты, детали якоря и др.), отливку деталей из цветных металлов, чаще всего из алюминия в кокиль и под давлением (станины и подшипниковые щиты машин небольшой мощности, вентиляторы, короткозамкнутые роторы); различные процессы сварки, связанные с изготовлением заготовок остовов из листовой стали, созданием штамповсварных конструкций; ковку или штамповку заготовок валов и других деталей.

Механической обработке на металлорежущих станках (снятие стружки) подвергаются станины, подшипниковые щиты, валы, крышки подшипников, детали якорной группы (втулки и конусы коллектора, обмоткодержатели, нажимные шайбы).

Механическая обработка занимает значительное место в общей трудоемкости изготовления электрической машины. Для обработки деталей применяется универсальное металлорежущее оборудование, полуавтоматы, агрегатные станки и автоматические линии. Обработка деталей на автоматизированном оборудовании является наиболее производительной. Но применение дорогостоящего оборудования, каким являются полуавтоматические станки и автоматические линии, бывает экономически целесообразно только при большом выпуске деталей одного типоразмера, т. е. в условиях массового и крупносерийного производства.

Одной из отличительных особенностей производства электрических машин является широкая номенклатура выпускаемой продукции. Расширение номенклатуры выпуска машин приводит к увеличению количества наименований изготавливаемых деталей, а при одном и том же объеме производства — к снижению серийности (уменьшению партии одновременно изготавливаемых изделий). Это создает трудности для внедрения высокопроизводительного оборудования и передовых форм организации производства.

Противоречия между требованиями промышленности (расширение номенклатуры) и технологией изготовления (уменьшение номенклатуры и увеличение партии) разрешаются электромашинострои-

телями за счет специализации производства, унификации и нормализации деталей, внедрения групповых методов обработки.

В масштабе отрасли производство однотипных электрических машин сосредоточивается на одном предприятии. Это создает условия для организации их изготовления методами поточно-массового производства (см. гл. I, § 1-5 и гл. XVIII, § 18-2).

За счет специализации производства ставится задача на предприятиях, выпускающих асинхронные двигатели единой серии, — сосредоточить изготовление только одного габарита двигателя.

При проектировании электрических машин предусматривается широкая унификация и нормализация узлов и деталей как в одной машине, так и в ее модификациях. Например, оба подшипниковых щита короткозамкнутого электродвигателя принимают одинаковой конструкции. Во всех тяговых электродвигателях городского транспорта применен один и тот же коллектор.

Внедрение групповых методов обработки (см. § 2-5) позволяет изготавливать мелкосерийную продукцию методами массового и крупносерийного производства.

В единичном и мелкосерийном производстве часто бывает экономически нецелесообразно изготавливать специальные приспособления для обработки деталей. Вместо них для повышения производительности труда применяют универсально-сборные приспособления (УСП).

УСП представляют собой различные приспособления, которые собирают из нормализованных деталей, а когда они не нужны, их разбирают на составные элементы.

В крупных городах созданы прокатные базы УСП, которые имеют по несколько комплектов нормализованных деталей и из них по заказам заводов собирают нужные приспособления. В один комплект УСП входит до 10 тысяч различных нормализованных деталей: корпусов, втулок, призм, планок, прихватов, опор, направляющих элементов и т. п.

Штамповка деталей является одним из высокопроизводительных процессов.

Методами штамповки изготавливают листы сердечников магнитопроводов, кожухи, различные крышки, медные пластины и механические прокладки коллектора, кабельные наконечники, прокладки, шайбы и т. п.

Наибольший удельный вес среди деталей, получаемых штамповкой, составляют листы сердечников магнитопроводов. Листы статора, ротора или якоря в зависимости от типа производства штампуют пазовыми штампами на специальных прессах, совмещенными — на универсальных прессах и последовательными — на прессах-автоматах.

Наиболее производительной является штамповка листов сердечников на четырехпозиционных прессах-автоматах типа Weingarten и Schuler. Однако на таких прессах можно вырубать листы сердечников сравнительно небольших размеров. Бакинским электро-

машиностроительным заводом создана конструкция горизонтального прессы-автомата типа «Бакинец», на котором можно производить штамповку совмещенными штампами листов сердечников, имеющих большие размеры. Такими прессами предполагается оснастить многие электромашиностроительные заводы.

Изготовление и укладка обмоток являются специфическими процессами, присущими электромашиностроению. Обмотки электрических машин изготовляют в обмоточно-изоляционных цехах.

Для изготовления обмоток применяется нестандартизированное оборудование, т. е. оборудование, которое не выпускается станкостроительной промышленностью, а изготавливается электромашиностроительными заводами по их чертежам. Конструкции таких станков менее совершенны, а станки менее производительны, чем стандартизированное оборудование.

Механизация и автоматизация процессов изготовления обмоток зависят во многом от исходных изоляционных материалов. Так, например, наложение наружной изоляции катушек возбуждения удалось механизировать после замены механически непрочной микалентной изоляции на более прочную стеклоизоляцию.

При изготовлении обмоток и особенно при укладке их в пазы сердечников в основном преобладает ручной труд.

К сборочным процессам относятся изготовление сборочных единиц (сердечник, коллектор, контактные кольца, якорь и др.) и сборка машины в целом. Изготовление сборочных единиц имеет особенности, связанные с применением изоляционных материалов. Например, при изготовлении коллекторов операции сборки перемежаются с операциями нагрева и выпечки собираемых изделий в специальных печах.

Контроль и испытание обмоток производят как в процессе их изготовления, так и в готовой машине. Для этого на производственных участках создаются испытательные станции, оборудованные различными электротехническими установками.

§ 1-3. Структура электромашиностроительного завода

Электрические машины изготовляют на электромашиностроительных заводах, состоящих из отдельных производственных единиц, называемых цехами, участками, службами. Состав цехов, отделов и служб на каждом предприятии различный. Он устанавливается в зависимости от объема и характера выпускаемой продукции, уровня технологии, действующей на данном заводе, специализации и кооперирования с другими предприятиями.

Цеха заводов разделяются на выпускающие, заготовительные и вспомогательные.

К выпускающим цехам относят цеха, из которых выходит готовая электрическая машина. В них обычно производится механическая обработка основных деталей машины — станины, подшипниковых

щитов и сборка электрической машины. При большой номенклатуре выпускаемых электрических машин на заводе может быть несколько выпускающих цехов, например цех асинхронных электродвигателей 4—5-го габаритов, цех асинхронных электродвигателей 6—7-го габаритов и т. п.

К заготовительным цехам относятся литейные, кузнечные, сварочные, обмоточно-изоляционные, якорные, коллекторные, гальванические, термические, штамповочные цеха, цех пластмасс, цех нормалей, цех валов и др.

В литейных цехах производится отливка станин, подшипниковых щитов, крышек подшипника, траверз щеткодержателей, втулок и нажимных конусов коллектора, шайб якоря, вентиляторов.

В кузнечных цехах изготавливают на ковочных молотах или штамповочных прессах в горячем состоянии поковки, являющиеся заготовками деталей, обрабатываемых на металлорежущих станках (ступенчатые валы, втулки, грузоподъемные винты, коллекторные болты).

В сварочных цехах выполняют различные слесарно-сварочные работы: сварка остовов электродвигателей постоянного тока, изготовление сварных кожухов, приварка к остовам лап при изготовлении их из трубы, сварка крестовин.

Обмоточно-изоляционные цеха имеют широкую номенклатуру изготавливаемых деталей и сборочных единиц.

В якорных цехах выполняют все операции по изготовлению якорей, начиная со сборки сердечников и кончая отделочными операциями. В составе якорных цехов имеются участки изготовления коллекторов. При большом выпуске изделий для производства коллекторов организуют отдельные цеха.

В гальванических цехах производят антикоррозионные покрытия деталей электрических машин и хромирование рабочих частей прессформ, изготавливаемых инструментальными цехами.

В термических цехах осуществляют термическую обработку валов, крупных сварных узлов, отжиг листов сердечников, термообработку режущего и измерительного инструмента.

В штамповочных цехах производят штамповку листов сердечников, медных коллекторных пластин, деталей щеткодержателей, листов главного полюса и др.

В цехах пластмасс методом прессования из слоистых и порошковых материалов получают изоляционные пластмассовые прокладки для контактных колец и опрессовывают пластмассой армирующие кольца для коллекторов на пластмассе.

Цех нормалей предназначен для изготовления нормализованных деталей крепежа, грузоподъемных винтов, мелких осей и валиков и других деталей, обрабатываемых из прутков на токарных автоматах.

В валовом цехе благодаря общности технологии чаще всего сосредоточивают обработку ступенчатых валов для всего завода. Этот цех оснащен современным полуавтоматическим оборудованием.

Как видно из перечисленных наименований цехов и обрабатываемых в них деталей и узлов, заготовительные цеха организуют для обработки однотипных по конструкции или технологии изготовления деталей и узлов электрической машины. Это дает возможность применить наиболее совершенные методы обработки деталей с использованием специального и автоматизированного высокопроизводительного оборудования и быстрозажимных пневматических и гидравлических приспособлений. Даже при сравнительно большой номенклатуре деталей, применяя групповые методы обработки, удастся достичь высоких экономических результатов.

Однако сосредоточение в одном цехе обработки большого количества разнообразных деталей для различных цехов имеет и недостатки. Прежде всего затрудняется оперативное планирование, так как требуется четкая увязка во времени при изготовлении деталей в заготовительном цехе с потребностями выпускающих цехов. Для поддержания нормального хода производства приходится увеличивать операционные заделы, для хранения которых необходима значительная производственная площадь; а также иметь большое количество транспортных средств для передачи деталей из цеха в цех.

Наиболее совершенная организация производства — поточное производство. При поточном производстве значительно изменяется структура цехов завода. Количество заготовительных цехов уменьшается, остаются лишь такие, как литейный, кузнечный, сварочные, т. е. цеха, связанные с производством заготовок.

Функции других заготовительных цехов принимают на себя участки, которые располагаются в выпускающем цехе в соответствующих поточных линиях. Таким образом, выпускающий цех становится цехом с замкнутым технологическим циклом.

К вспомогательным цехам относят инструментальные, ремонтно-механические, электроремонтные, модельные и экспериментальные цеха.

Из служб завода рассмотрим технологическую, которая занимается технологической подготовкой производства новых конструкций электрических машин и совершенствованием процесса производства освоенных изделий.

Технологическая служба состоит из отдела главного технолога (ОГТ), технологических бюро производственных цехов, инструментального цеха и бюро инструментального хозяйства (БИХ). Возглавляет технологическую службу начальник отдела — главный технолог. Ему подчинены инструментальный цех и БИХ. Технологические бюро цехов на большинстве электромашиностроительных заводов подчинены непосредственно начальнику цеха, а ОГТ осуществляет ими только функциональное руководство.

В составе отдела главного технолога имеются следующие бюро:

а) технологическое бюро. Оно участвует в создании новых конструкций электрических машин, рассматривая на технологичность чертежи изделий, разработанные конструкторами отдела главного конструктора (ОГК).

Технологи бюро разрабатывают технологические процессы изготовления в производстве этих машин и совершенствуют процессы ранее освоенных изделий. На это же бюро возлагается организация составления заводского плана организационно-технических мероприятий;

б) бюро технологических маршрутов и нормирования материалов. В этом бюро разрабатывают технологические маршруты изготовления деталей и узлов в цехах завода и устанавливают нормы расхода материалов на изделие;

в) конструкторские бюро. В них проектируют штампы, приспособления и инструменты по заданиям технологического бюро.

При отсутствии на заводе самостоятельного отдела механизации проектирование средств механизации и автоматизации (пропиточно-сушильные отделения, различные конвейеры, намоточные станки и т. п.) возлагается на ОГТ. Для этого в составе отдела организуется конструкторское бюро механизации и автоматизации производственных процессов.

Инструментальный цех завода предназначен для изготовления приспособлений, штампов, пресс-форм, кондукторов, специального режущего и измерительного инструмента.

Нормализованный режущий и измерительный инструменты, тиски, токарные патроны, выпускаемые станкоинструментальной промышленностью, приобретает централизованно бюро инструментального хозяйства.

Планированием программы инструментального цеха и определением потребности в нормализованном инструменте занимается инструментальное бюро ОГТ.

На крупных заводах инструментальное бюро реорганизуется в инструментальный отдел, подчиненный непосредственно главному инженеру завода.

Основные функции технологических бюро цехов заключаются в непосредственном внедрении технологических процессов, контроле за технологической дисциплиной, разработке норм времени и расценок, обеспечении цеха инструментом. Работа цеховых технологов должна быть тесно увязана с работой технологов ОГТ.

На заводах, имеющих литейные цехи, создается второй технологический отдел — отдел главного металлурга (ОГМ), в функции которого входит: разработка технологических процессов горячей обработки — литейное производство, процессы пайки и сварки, заливки короткозамкнутых роторов алюминием и некоторые другие.

§ 1-4. Производственный и технологический процессы

Производственный процесс на заводе складывается из совокупности действий людей и работы машин, в результате чего из материалов и полуфабрикатов получают готовую продукцию.

Технологический процесс — часть производственного процесса, непосредственно связанная с изменением размеров, формы, свойств

обрабатываемого материала или сборкой деталей и сборочных единиц в готовое изделие. Технологический процесс разделяется на операции. Операция в свою очередь состоит из переходов, установов, позиций и рабочих приемов.

Операция — часть технологического процесса обработки одной или нескольких деталей, выполняемая на одном рабочем месте одним рабочим или бригадой непрерывно до перехода к обработке следующей детали (деталей).

Переход — часть операции, в процессе которой обрабатывается одна или одновременно несколько поверхностей при неизменных инструменте и режиме обработки. Для снятия с обрабатываемой поверхности большого слоя металла переход разделяют на проходы.

Проход — часть перехода, связанная со снятием одного слоя металла с обрабатываемой поверхности. Режим обработки и рабочий инструмент при проходе также не изменяются (изменение глубины резания не рассматривается как изменение режима обработки).

Операция и переход — основные элементы технологического процесса и их содержание записывают в карту технологического процесса. На операцию рабочему устанавливают норму времени.

Операция может выполняться за один или несколько установов.

Установ — часть операции, выполняемая при одном закреплении детали на станке.

Рассмотрим два варианта токарной обработки валов электродвигателей.

Первый вариант. Установив вал в центра станка, обрабатывают ступени одного его конца, затем, перевернув и перекрепив вал, обрабатывают ступени другого конца.

Второй вариант. У всей партии валов поочередно обрабатывают ступени одного конца, затем, также поочередно, обрабатывают ступени другого конца.

В первом варианте обработка валов произведена в одну операцию, но за два устаова. Во втором варианте вся партия валов обработана за две операции с одного устаова в каждой из них.

Если закрепленная деталь перемещается вместе с приспособлением в другое положение для обработки другим инструментом или других поверхностей, то такая операция состоит из нескольких позиций (например, обработка подшипниковых щитов на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах).

Позиция — часть операции, выполняемая при неизменном положении обрабатываемой детали относительно рабочих органов станка.

При определении расчетной нормы времени возникает необходимость деления операции на еще более мелкие части — рабочие приемы.

Рабочий прием — законченное действие рабочего при выполнении операции (например, включение механической подачи, поворот резцедержателя, остановка станка и т. п.).

§ 1-5. Типы производства

В зависимости от количества и номенклатуры выпускаемых предприятием изделий и их трудоемкости производство электрических машин разделяется на три типа: 1) массовое, 2) серийное и 3) инди-

видуальное, или единичное. Каждому типу производства присущи своя организация производства и характер технологических процессов.

Массовым производством называют производство однотипных изделий, выпускаемых в больших количествах в течение сравнительно длительного времени. Для массового производства характерно применение для обработки деталей специальных станков, станков-полуавтоматов и автоматов, а также автоматических линий. Оборудование в цехах в данном случае устанавливается по потоку, т. е. по ходу технологического процесса. За каждым станком, как правило, закреплено выполнение одних и тех же операций.

Станки оснащаются высокопроизводительными быстродействующими приспособлениями, специальным и комбинированным режущим инструментом.

Для проверки деталей применяются измерительные приспособления, различные калибры и шаблоны. Сборка изделий производится на конвейерно-поточных линиях.

Как пример массового производства можно привести обработку валов на автоматических линиях, подшипниковых щитов на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах.

В электромашиностроении первые три габарита электродвигателей единой серии изготавливаются методами массового производства.

Серийное производство — это такое производство, при котором изготовление изделий производится в течение месяца, квартала периодически повторяющимися партиями (сериями).

В зависимости от величины партии серийное производство подразделяется на мелко-, средне- и крупносерийное.

По методам изготовления изделий мелкосерийное производство тяготеет к индивидуальному, а крупносерийное — к массовому производству.

При серийном производстве применяется универсальное, специальное, специализированное оборудование, станки-автоматы.

За каждым станком закрепляется выполнение одной или нескольких операций. Универсальные станки оснащаются специальными приспособлениями, превращающими их в специализированные станки.

Режущий и измерительный инструмент применяется специальный и универсальный. За последнее время с целью приближения методов обработки изделий, присущих массовому производству, в серийном производстве все более широкое применение находит групповая обработка деталей и универсально-сборные приспособления (УСП).

Индивидуальное, или единичное, производство — это такое производство, при котором изделия изготавливаются в одном или нескольких экземплярах, при этом выпуск их в дальнейшем не повторяется или повторяется через неопределенные длительные промежутки времени. Примером индивидуального производства является изготовление опытных образцов машин и отдельных крупных электрических машин по специальным заказам. Для обработки деталей

в индивидуальном производстве применяются станки, приспособления, режущий и измерительный инструмент универсального типа.

Специальные приспособления и инструменты изготавливаются лишь только в том случае, если без них невозможно изготовить деталь (например, пазовые штампы для штамповки железа сердечников).

В цехах и на участках индивидуального производства оборудование устанавливают по группам станков (фрезерных, токарных, сверлильных и т. д.).

ГЛАВА II

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

§ 2-1. Технологическая подготовка производства

Изготовлению серии новых электрических машин предшествует длительная конструкторская и технологическая подготовка производства. От разработки задания на проектирование чертежей электродвигателя до его серийного производства проходит нередко два — три года.

Важнейшим звеном, влияющим на качество изготовления электродвигателя и его себестоимость, является технологическая подготовка производства.

Технологическая подготовка производства включает в себя:

- а) разработку технологического процесса изготовления деталей, сборочных единиц и сборки электрической машины;
- б) проектирование оснастки и ее изготовление в инструментальных цехах;
- в) отладку оснастки в цехах основного производства.

Оснасткой называют комплект приспособлений, штампов, кондукторов, пресс-форм, различных оправок, а также режущего и измерительного инструментов, потребных для изготовления электрических машин.

Технологическая подготовка производства начинается с момента разработки конструктором чертежей деталей электродвигателя.

Творческое содружество конструктора и технолога в процессе разработки чертежей электрических машин — залог создания надежных в эксплуатации и технологичных в изготовлении конструкций, так как их совместная работа позволяет учесть как требования конструкции, так и требования технологии.

Под термином *технологичность конструкций* понимают такие конструкции, которые, отвечая всем эксплуатационным требованиям, могут быть изготовлены с минимальными затратами труда и материалов, их серийный выпуск может быть организован на базе высокопроизводительного оборудования и методов обработки в возможно короткие сроки.

Рассмотрев чертежи машины на технологичность, технологи ОГТ разрабатывают маршрут изготовления электродвигателя в цехах

завода и определяют количество материалов, потребных для изготовления этого двигателя.

Обычно этой работой в ОГТ занимаются технологи бюро технологических маршрутов и нормирования материалов.

Следующий этап технологической подготовки производства заключается в разработке перечня и заданий на проектирование специальной оснастки конструкторскому бюро ОГТ.

Чертежи специальной оснастки передаются на изготовление в инструментальный цех завода.

Изготовление оснастки — наиболее длительный этап технологической подготовки производства.

По окончании проектирования оснастки технологами производится разработка технологического процесса изготовления электрической машины.

С целью проверки в производственных условиях чертежей изделий, изготовленной оснастки и разработанного техпроцесса в выпускающем цехе изготавливается установочная партия электрических машин.

В процессе ее изготовления корректируются чертежи изделия, технологический процесс и доводится оснастка.

После проведения этой работы может быть начато серийное производство.

§ 2-2. Технологическая документация

Для разработки технологических маршрутов и норм расхода материалов, технологических процессов обработки деталей, сборки изделий применяется следующая технологическая документация: маршрутно-материальная ведомость; технологические карты; сводная ведомость инструментария; технологические инструкции.

Маршрутно-материальная ведомость. Она является основным исходным документом для составления производственных номенклатурных программ цехов завода, планирования потребности и норм расхода материалов для производства изделий.

Маршрутно-материальная ведомость составляется на все изделия, выпускаемые заводом. В ней указываются маршрут прохождения деталей и сборочных единиц по цехам завода, применяемые материалы и норма расхода их на каждую деталь и машину в целом.

На каждом листе ведомости указываются наименование и номер чертежа сборочной единицы и входящих в нее деталей.

Для каждой детали отводится одна строка, в которой, кроме наименования и номера чертежа ее, указывается количество деталей, входящих в сборочную единицу, сортамент, материал и размеры заготовки, из которой будет изготавливаться деталь; нормы расхода материала на одну деталь и все детали, входящие в сборочную единицу; маршрут прохождения детали по цехам завода.

Каждому цеху и участку завода присваивается определенный трехзначный номер, например кузнечному — 100, обработки валов — 200, машин переменного тока — 250, а его участки имеют

номера: шихтовки и заливки короткозамкнутых роторов — 251, сборки электрических машин — 252.

В этом случае в строке вала будет указан маршрут его изготовления 100—200—251.

Это означает, что в кузнечном цехе должна быть произведена резка материала и ковка заготовки вала, в цехе валов — обработка вала, а готовый вал следует передать на участок шихтовки в цех машин переменного тока.

Маршрут изготовления короткозамкнутого ротора будет определен двумя цифрами 251—252.

Технологические карты. В технологических картах записывается технологический процесс изготовления деталей, сборочных единиц и сборки машины. В картах указывают название и номер чертежа детали, тип электрической машины, в которую входит деталь, наименование операций и переходов, применяемое оборудование, номера чертежей оснастки, режимы обработки, разряд работы, норму времени и расценки.

Вследствие специфики различных видов обработки для каждого вида работ применяется своя форма технологических карт. Основное различие технологических карт заключается в количестве и наименованиях граф режимов обработки.

Так, в технологической карте механической обработки в графах режимов обработки указываются глубина резания, подача, число оборотов и др. Технологический процесс сварки характеризуется своими данными — родом и силой тока, величиной напряжения, диаметром электрода и т. д.

В технологических картах операции и переходы заносятся в порядке их выполнения.

Чаще пользуются технологическими картами на деталь (в этих картах отражаются главным образом технологические процессы механической обработки) и технологическими картами сборки.

В условиях массового и крупносерийного производства, когда за каждым станком закреплена определенная операция, технологический процесс обработки разрабатывается отдельно на каждую операцию на операционных технологических картах.

В операционных картах механической обработки режимы резания и штучное время указывают более подробно с подразделением на элементы. Кроме того, дается эскиз обработки детали.

Не во всех формах технологических карт на деталь имеются графы режимов обработки. Карты, в которых эти графы отсутствуют, называют *маршрутными технологическими картами*.

Установлен определенный порядок нумерации операций и переходов, а также формулировка и правила их написания.

По существующему положению порядковые номера операций в технологических картах обозначаются арабскими цифрами в порядке их возрастания.

Переходам, связанным с обработкой детали, присваиваются прописные буквы русского алфавита. Под заглавными буквами русского

алфавита пишутся переходы, которые предусматривают установку детали, ее повторное крепление и т. п., т. е. переходы, на которые затрачивается только вспомогательное время.

Общепринятой является следующая терминология операций и переходов.

Название операции обозначается именем существительным в именительном падеже (обточка цилиндра, фрезерование плоскости, сверление отверстия), а перехода — глаголом повелительного наклонения (обточить цилиндр, фрезеровать плоскость, сверлить отверстие).

Если в данной операции или переходе обработка производится предварительно, то в конце операции добавляется слово «черновая», а в конце перехода — «начерно» (обточка цилиндра черновая, обточить цилиндр начерно).

При окончательной обработке добавляются соответственно слова «чистовая» и «начисто».

Сводная ведомость инструментария. Она является рабочим документом технолога. В ней для каждой детали указаны наименование и номер чертежа оснастки, применяемой для ее изготовления в каждой операции и переходе.

Сводной ведомостью инструментария пользуются технологи: для контроля за изготовлением оснастки в инструментальных цехах, отмечая в ней готовность оснастки по мере ее изготовления; как перечнем оснастки для заказа дублеров по мере выхода из строя ранее изготовленной оснастки.

Технологическая инструкция. Некоторые технологические процессы изготовления одноименных сборочных единиц являются общими и не зависят или мало зависят от габаритов изделий. К ним относятся изготовление коллекторов, пропитка якорей и статоров, заливка алюминием короткозамкнутых роторов, окраска электрических машин и т. п.

На данные процессы составляют технологические инструкции. Автором их являются центральные заводские лаборатории и отделы главного металлурга.

В технологических инструкциях указывают технологический процесс и изделия, на которые они составлены, применяемое для данного технологического процесса оборудование и материалы, подробно по пунктам описывается технологический процесс, а в конце инструкции — методы и средства контроля выполнения технологического процесса.

В технических требованиях чертежей узлов конструктором обычно дается указание о выполнении отдельных процессов по соответствующей инструкции. Например, в чертеже якоря указывается «пропитку произвести по ИТ (инструкции технологической)» и дается номер ее.

Технологическая инструкция не заменяет карты технологического процесса и не является платежным документом, так как в ней не указаны номера чертежей конкретных узлов и нет норм времени и расценок на выполнение операций.

При разработке технологического процесса изготовления узла делается ссылка на ИТ, по которой должна выполняться соответствующая операция.

В техпроцессе изготовления, например, якоря в числе других операций об операции пропитки будет записано: «Пропитка якоря по ИТ. Номер...».

Вышеприведенные формы технологической документации являются основными, но не единственными.

Все изменения в технологический процесс вносятся в технологические карты после оформления их на бланках «Об изменениях технологической документации» и утверждения главным инженером завода.

На бланках определенной формы технологом разрабатывается задание конструктору ОГТ на проектирование технологической оснастки.

Об единых системах конструкторской (ЕСКД) и технологической (ЕСТД) документации. До 1971 г. в нашей стране не существовало единой для всех предприятий машино- и приборостроения конструкторской и технологической документации. Это различие приводило к тому, что при передаче документации с одного предприятия на другое, прежде чем организовать производство на новом месте, приходилось затрачивать много времени и средств на ее переработку.

Техническая документация, особенно технологическая, в большинстве своем не была рассчитана при обработке и размножении ее на применение вычислительной и множительной техники.

С 1971 г. на указанных выше предприятиях вся конструкторская документация выполняется в соответствии с единой системой конструкторской документации, состоящей из различных ГОСТов, которыми установлены формы документации, правила заполнения ее и пользования ими.

Внедрение ЕСКД позволяет добиться:

а) сокращения объема и снижения трудоемкости чертежно-конструкторских работ;

б) сокращения цикла и снижения трудоемкости подготовки производства;

в) повышения уровня технологичности выпускаемых конструкций;

г) резкого уменьшения случаев переработки технической документации в связи с ее передачей из одного предприятия на другое;

д) введения единства выполнения, оформления и понимания чертежей на предприятиях отраслей машиностроения и приборостроения.

В настоящее время разрабатываются стандарты на технологическую документацию, правила заполнения и пользования ею.

Перед организациями, разрабатывающими ЕСТД, ставится задача создать формы документации с оптимально необходимой нормативно-технологической информацией, позволяющей производить на предприятиях технико-экономические расчеты с применением вычислительной техники.

Большое внимание при разработке единых форм технологической документации уделяется созданию документации для типовых технологических процессов.

§ 2-3. Припуски на обработку

Общие понятия и определения. Детали электрических машин обрабатывают на металлорежущих станках из заготовок. Для этого на заготовке оставляют определенный слой металла — *припуск*, удаляемый с поверхности заготовки в процессе ее обработки. Припуски разделяют на промежуточные и общие.

Промежуточный припуск — слой металла, снимаемый с заготовки при ее обработке на данном переходе.

Промежуточный припуск z_i равен разности размеров двух смежных переходов. Для наружных поверхностей

$$z_i = a_{i-1} - a_i;$$

для внутренних поверхностей

$$z_i = a_i - a_{i-1},$$

где a_{i-1} — размер, полученный на смежном предшествующем переходе;

a_i — размер, получаемый на выполняемом переходе.

Общий припуск — это слой металла, снимаемый с заготовки на всех операциях ее обработки для получения готовой детали. Общий припуск z_0 равен сумме промежуточных припусков и определяется как разность размеров заготовки и готовой детали.

Для наружных поверхностей

$$z_0 = a_3 - a_d;$$

для внутренних поверхностей

$$z_0 = a_d - a_3,$$

где a_3 — размер заготовки;

a_d — размер готовой детали.

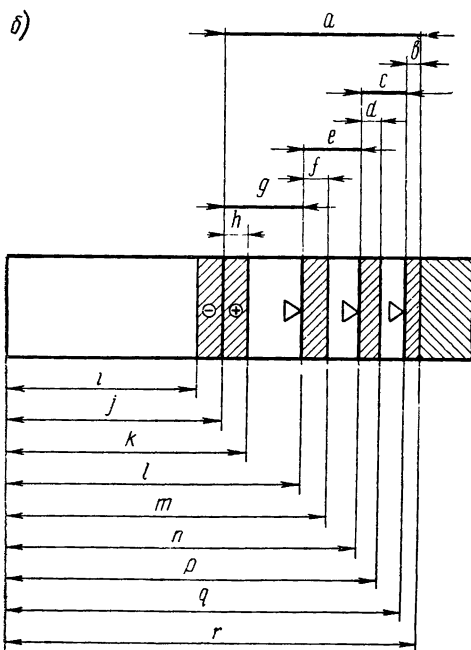
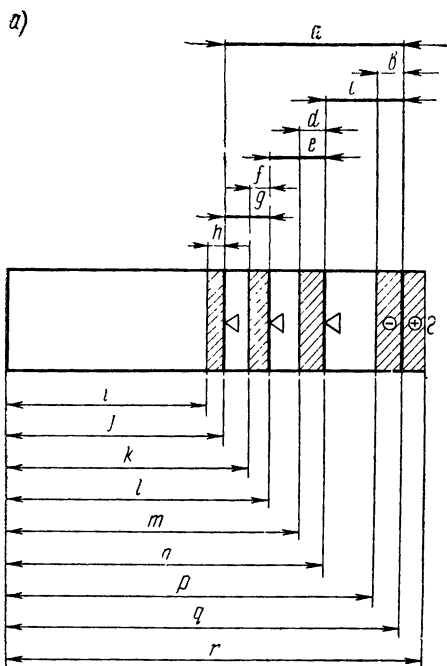
Припуски в миллиметрах на обработку плоских деталей задаются на одну сторону, а при обработке круглых — чаще на диаметр.

На рис. 2-1 показаны схематически номинальные величины припусков и допуски на изготовление деталей.

Выбор припусков и влияние различных факторов на величину припуска. Величина припуска влияет на себестоимость обработки детали и поэтому он не назначается произвольно.

Большой припуск влечет за собой излишний расход материала, снижает производительность труда, увеличивает расход режущего инструмента и электроэнергии.

Малый припуск не всегда обеспечивает получение заданных чертежом размеров детали из-за неполного удаления с заготовки дефектного слоя. Малые припуски требуют более точной установки детали



при ее обработке. В ряде случаев приходится выверять положение детали при установке, что также удорожает обработку. В конечном итоге малые припуски могут увеличить себестоимость изготовления детали.

Припуск на обработку должен быть оптимальным.

На величину припуска влияют следующие факторы: величина дефектного поверхностного слоя заготовки, погрешности размеров и формы заготовки, неточность установки (погрешность базирования и закрепления детали при обработке на данной операции), при прочих равных условиях величина припуска будет тем больше, чем больше размеры детали.

Дефекты поверхности неизбежны у любой заготовки.

Рис. 2-1. Схема расположения припусков и допусков:

a — для вала: a — общий припуск; b — нижнее отклонение размера заготовки; c — припуск на черновую обработку; d — допуск на черновую обработку; e — припуск на чистовую обработку; f — допуск на чистовую обработку; g — припуск на отделку; h — допуск на отделку; i — наименьший размер вала; j — наибольший размер вала после чистовой обработки; k — наибольший размер вала после черновой обработки; l — наибольший размер вала после черновой обработки; m — наименьший размер вала после чистовой обработки; n — наименьший размер вала после чистовой обработки; p — наименьший размер заготовки; q — номинальный размер заготовки; r — наибольший размер заготовки; b — для отверстия: a — общий припуск; b — допуск на отделку; c — припуск на отделку; d — допуск на чистовую обработку; e — припуск на чистовую обработку; f — допуск на чистовую обработку; g — припуск на черновую обработку; h — верхнее отклонение размера заготовки; i — наименьший размер заготовки; j — номинальный размер заготовки; k — наибольший размер заготовки; l — наименьший размер отверстия после черновой обработки; m — наибольший размер отверстия после черновой обработки; n — наименьший размер отверстия после чистовой обработки; p — наибольший размер отверстия чистовой обработки; q — наименьший размер отверстия; r — наибольший размер отверстия

У литых заготовок на поверхности имеются раковины, пригары, песочные включения, а поковки, штамповки и прокат имеют обезуглероженный поверхностный слой.

Толщина дефектного поверхностного слоя зависит от метода получения заготовки и достигает значительной величины.

Так, у отливок при литье в землю дефектный слой составляет 1—6 мм, у поковок — 1,5—3 мм, штамповок — 0,5—1,5 мм и у горячекатаного проката — 0,5—1,0 мм.

При получении заготовки неизбежны также погрешности геометрической формы и размеров, которые зависят от метода получения заготовки.

Под погрешностью формы и размеров понимают искривление плоских поверхностей или валов, овальность и конусность цилиндрических деталей, неправильность углов, разностенность и т. п.

При получении отливок литьем в землю по деревянным моделям эти погрешности будут больше, чем при машинной формовке или литье в оболочковые формы.

Поковки, особенно полученные методом свободнойковки, имеют значительно большие погрешности формы и размеров в сравнении с заготовками, полученными горячей штамповкой.

Заготовки из цилиндрического проката могут иметь искривление оси, допускаемое ГОСТом до 5 мм на 1 м длины (стрела прогиба). Величины припусков на обработку деталей приводятся в заводских нормальных, технологических справочниках [10] и ГОСТах.

§ 2-4. Основные понятия о базировании деталей

Точность обработки детали, быстрота установки ее в приспособление и конструкция приспособления в основном зависят от выбранной базы. При разработке технологического процесса изготовления детали вопрос о выборе базы является главным.

Различают конструктивные и технологические базы.

К *конструктивным*, или *основным*, базам относятся поверхности детали, определяющие ее положение относительно других деталей в готовой машине.

Технологическими, или *вспомогательными*, базами называют установочные поверхности детали, определяющие ее положение относительно режущего инструмента во время обработки на станке.

К технологическим базам относятся измерительные базы.

За *измерительные* базы принимают поверхности, от которых производится измерение размеров в процессе обработки.

Выбор баз. Технологические базы бывают черновыми — для первой операции и чистовыми — для последующих операций. При выборе баз руководствуются общими положениями с учетом особенностей каждой из них.

Общие положения при выборе баз:

1) деталь в приспособление должна удобно устанавливаться и выниматься из него за минимальное время;

2) базовые поверхности должны быть ровными и иметь достаточную протяженность для обеспечения устойчивого положения детали в приспособлении;

3) усилия резания, зажима и собственного веса должны подвергать деталь наименьшим деформациям;

4) необходимо учитывать условия возможно большей простоты конструкции и дешевизны изготовления приспособления;

5) необработанные (черные) поверхности детали следует использовать только в первой операции для получения чистовых баз;

при выборе черновой базы необходимо:

а) для деталей, у которых обрабатываются не все поверхности, за базу принимать поверхность, остающуюся в черном виде, а если

таких поверхностей несколько, то поверхность, имеющую наименьшее смещение относительно обрабатываемых поверхностей. Например, для получения одинаковой толщины стенок у станины электродвигателя за базу следует принимать наружную поверхность, обработка которой не предусмотрена;

б) для деталей, у которых обрабатываются все поверхности, за базу принимать поверхности, имеющие наименьший припуск.

При обработке детали, показанной на рис. 2-2, очевидно, что за базу следует принять поверхность 1, так как при обточке поверхности 2 все могущие быть в заготовке искривления и перекосы будут устранены при обработке за счет большого припуска;

при выборе чистовой базы необходимо:

а) принимать за установочную базу поверхности, являющиеся конструктивной или измерительной базой.

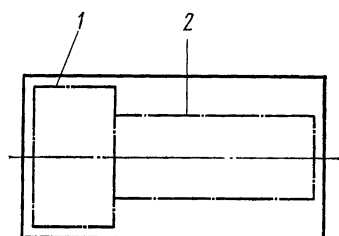


Рис. 2-2. К выбору баз

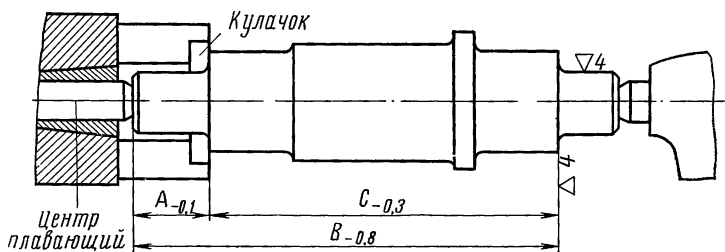


Рис. 2-3. Установка детали на станке по измерительной базе

При обточке рабочей поверхности коллектора якоря за базу следует принимать шейки вала, на которые насаживаются подшипники (конструктивная база), а не центровые отверстия вала (технологическая база).

Расстояние между шейками вала под подшипники (рис. 2-3) ограничивается жестким допуском 0,3 мм, поэтому при обработке на гидрокопировальном полуавтомате для определения положения вала на станке в осевом направлении за базу следует принимать не торец вала, а уступ шейки под подшипник:

б) принимать за базу другую поверхность, если по каким-либо причинам нельзя выбрать поверхность, указанную в пункте а; выбранная база должна обеспечить получение размера, заданного чертежом.

Такой поверхностью может быть торец вала, но при условии, что размеры A и B будут изготовлены более точно, чем предусмотрено чертежом. Сумма допусков на эти размеры должна быть равна или меньше допуска на размер C ;

в) сохранить постоянство баз на основных технологических операциях для уменьшения погрешностей обрабатываемых поверхностей деталей.

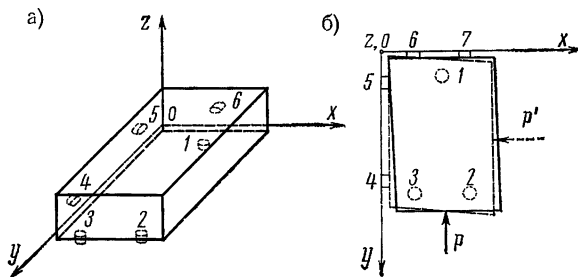


Рис. 2-4. Установка прямоугольной детали в приспособление

Правило шести точек. Свободное тело в пространстве имеет шесть степеней свободы перемещения: три поступательных движения в направлении осей $x - y - z$ и три вращательных движения вокруг тех же осей.

При установке детали в приспособление ставится задача лишить ее всех шести степеней свободы. Это можно сделать путем прижатия детали к шести неподвижным опорам, расположенным в трех координатных плоскостях (рис. 2-4, а).

Как известно, геометрическая плоскость определяется тремя точками. Таким образом, при установке на точки 1—2—3 деталь займет определенное положение в плоскости xoy и будет лишена трех степеней свободы (перемещения вдоль оси z , вращения вокруг x и y).

Точки 4 и 5 определяют положение детали в плоскости yoz , лишая ее еще двух степеней свободы (вращения вокруг оси z и перемещения вдоль оси x).

Точка 6 определит положение детали в плоскости zox и лишит ее последней степени свободы (перемещение вдоль оси y).

Таким образом, необходимо и достаточно шести опорных точек для определения положения детали в приспособлении. Это положение называют правилом шести точек.

Нетрудно убедиться, что всякое добавление или уменьшение количества опорных точек не может обеспечить постоянство положения детали в приспособлении.

В самом деле, если в плоскости *zox* будет добавлена седьмая точка (рис. 2-4, б), то при малейшей неперпендикулярности сторон при изменении направления усилия зажима *P* деталь в приспособлении будет занимать различные положения.

Правило шести точек справедливо при базировании деталей любой конфигурации.

§ 2-5. Типизация технологических процессов и групповая обработка

Технологический процесс изготовления одного и того же изделия на одном и том же предприятии каждым технологом может быть разработан по-разному. Уровень разработки зависит от квалификации и опыта технолога. На разработку индивидуальных технологических процессов затрачивается много времени.

С целью использования передового опыта своего и других предприятий и ускорения подготовки производства на заводах для изделий, требующих одинаковых методов изготовления, разрабатываются типовые технологические процессы.

На заводе «Динамо» им. Кирова на трех поточных линиях по типовым процессам обрабатывают валы 160 типоразмеров с диаметром валов от 40 до 150 мм и длиной от 400 до 2000 мм. Для изготовления валов применяется групповая оснастка, позволяющая производить обработку различных валов с минимальной переналадкой.

По типовым технологическим процессам на электромашиностроительных заводах обрабатываются также подшипниковые щиты, станины, производится изготовление катушек якорей и полюсов, коллекторов и якорей, штамповка железа сердечников, испытание и окраска электрических машин и другие процессы.

Разработке типовых технологических процессов предшествует составление классификатора деталей, в котором сходные по конфигурации и размерам изделия, требующие для своего изготовления общих методов обработки, объединяются в один класс.

Каждый класс разбивается на отдельные группы и подгруппы изделий, для изготовления которых требуются однотипное оборудование, общая оснастка и настройка станка.

Например, класс валов разбивается на группы валов: имеющих конический конец с резьбой, с одним цилиндрическим концом, с двумя цилиндрическими концами и т. п.

Степень детализации изделий в классах зависит от конкретных производственных условий (номенклатуры изделий, конфигурации и их размеров и др.).

На каждую группу разрабатывается единый типовой технологический процесс, на основе которого для каждой операции производится выбор станка, конструирование приспособления, режущего и измерительного инструментов.

При разработке типового процесса на группу деталей принимается такая деталь (называемая комплексной), которая имеет поверхности, характерные для всех остальных деталей группы.

Ею может быть одна из деталей группы. Если не окажется подходящей детали, конфигурация комплексной детали разрабатывается специально.

Созданный на основе комплексной детали технологический процесс позволяет обрабатывать все детали группы без переналадки или с заменой только отдельных элементов приспособлений и режущего инструмента.

Разработка и внедрение типовых технологических процессов имеют исключительно важное значение и позволяют:

а) производить обработку однотипных деталей и сборку изделий наиболее совершенными методами с применением современного оборудования, средств механизации и автоматизации, в результате чего будет достигнута высокая производительность при наименьших затратах труда;

б) значительно сократить сроки подготовки производства за счет уменьшения трудоемкости разработки технологической документации и времени на отладку изготавливаемой оснастки и освоения технологического процесса;

в) не изготавливать вновь, а использовать часть имеющейся в производстве оснастки для других изделий, изготавливаемых по данному типовому процессу;

г) внедрить групповые методы обработки деталей, за счет группирования увеличить партии одновременно изготавливаемых изделий и производить их обработку методами крупносерийного и массового производства.

§ 2-6. Техническое нормирование

Понятие о технической норме. Разработка технологического процесса заканчивается установлением нормы времени на выполнение каждой операции.

Норма времени устанавливается на основе аналитического расчета или путем сравнения обработки данной детали с аналогичными деталями, изготовлявшимися ранее или изготавливаемыми в данное время.

В первом случае *норма времени* будет называться *технически обоснованной*, а во втором случае — *опытно-статистической*.

При установлении нормы времени необходимо исходить из нормальных условий труда:

а) оборудование, приспособления, инструмент должны быть исправными;

б) квалификация рабочего должна соответствовать сложности выполняемой работы;

в) припуски на обработку и режимы работы должны быть оптимальными;

г) оборудование и инструмент на каждой операции должны быть наиболее эффективными;

д) в норму времени не должны включаться потери времени из-за организационных и технических неполадок.

Таким образом, под *технической нормой времени* понимают время, затрачиваемое на выполнение данной операции при определенных организационно-технических условиях и наиболее эффективном использовании средств производства (современного высокопроизводительного оборудования, приспособлений и инструмента с применением высоких режимов работы и использовании опыта передовиков).

Техническая норма времени служит основой для установления расценок за выполнение работы.

Правильное определение нормы времени играет большую роль в повышении производительности труда.

Заниженная норма времени сдерживает рост производительности труда.

Структура технической нормы времени. При станочных работах норма времени на операцию состоит из:

- а) основного, или технологического, времени;
- б) вспомогательного времени;
- в) времени организационного и технического обслуживания рабочего места;
- г) времени перерывов на отдых и естественные надобности.

Норма времени, устанавливаемая на изготовление одной детали (изделия), называется *штучным временем*.

Время, затрачиваемое исполнителем на ознакомление с чертежом и работой, на подготовку рабочего места к работе — настройку станка, установку приспособлений и инструмента для выполнения новой работы и снятия их со станка по окончании обработки партии деталей, — называется *подготовительно-заключительным временем*. Это время в норму штучного времени не входит, так как затрачивается один раз на всю партию деталей и оплачивается рабочему отдельно.

Основным, или технологическим, временем называется время, затрачиваемое на изменение формы, размеров или свойств обрабатываемой детали.

При обработке детали на станке с механической подачей это время будет называться *машинным*, а при перемещении инструмента вручную рабочим — *машинно-ручным* (ручное перемещение суппорта при обточке фаски, опилование поверхности напильником вращающейся детали).

Вспомогательное время — время, затрачиваемое на выполнение различных приемов, обеспечивающих выполнение основной работы в каждой операции, т. е. время, затрачиваемое на управление станком, установку и снятие детали, подвод и отвод инструмента, промер детали.

Сумма основного и вспомогательного времени — *оперативное время*.

Время, затрачиваемое на уход за рабочим местом и станком в течение всей смены, называется *временем организационного и технического обслуживания*; это время относится к одной операции и исчисляется в процентах от оперативного времени. В него входит время на:

- а) подготовку инструмента к работе в начале смены и уборку его по окончании работы;
- б) правку инструмента (алмазом шлифовального круга) и связанную с этим подналадку станка;
- в) смену затупившегося инструмента;
- г) уборку стружки;
- д) смазку станка.

Время на отдых и естественные надобности устанавливается в процентах от оперативного времени, величина которых зависит от вида и типоразмеров станка.

Штучное время

$$t_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{в}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{пер}},$$

где t_0 — основное (технологическое) время, *мин*;

$t_{\text{в}}$ — вспомогательное время, *мин*;

$t_{\text{обсл}}$ — время обслуживания рабочего места, *мин*;

$t_{\text{пер}}$ — время перерывов на отдых и естественные надобности, *мин*.

Составные элементы штучного времени определяются при техническом нормировании. Основное время вычисляется по соответствующим формулам машинного времени исходя из установленных режимов резания. Режимы резания при механической обработке деталей определяются по справочникам режимов резания для соответствующих видов обработки.

Существует определенная последовательность в назначении режимов резания независимо от вида обработки. В первую очередь устанавливается глубина резания, при этом стремятся весь припуск снять за один проход. Затем определяется максимальная технологически допустимая подача.

По глубине резания и подаче определяется скорость резания, необходимая на резание. Исходя из выбранной скорости резания рассчитываются число оборотов шпинделя станка, мощность станка и усилие резания. Выбранный режим резания проверяется по техническим возможностям станка и инструмента. Определенные по таблице подача и рассчитанное число оборотов сравниваются с паспортными данными станка и принимается ближайшее меньшее значение, указанное в паспорте.

Усилие, возникающее при резании, не должно быть больше допустимого по прочности и жесткости инструмента, детали и наиболее слабого звена станка.

Мощность, требуемая на резание, не должна превышать мощности станка с учетом коэффициента полезного действия.

В случае превышения усилия и мощности резания необходимо изменить режим резания, уменьшив на одну ступень число оборотов, и снова произвести проверку.

При значительном превышении требуемой на резание мощности над станочной следует для обработки детали выбирать более мощный станок. Значительное снижение режимов резания в сравне-

нии с табличными не позволит полностью использовать возможности режущего инструмента.

Экономически нецелесообразно также производить обработку на мощных станках деталей, на резание которых требуется небольшая мощность.

Для определения вспомогательного времени, времени обслуживания и на перерывы при механической обработке пользуются справочниками по техническому нормированию. В них в зависимости от типа производства приводятся соответствующие нормативные данные.

На электромашиностроительных заводах на различные виды работ (обмотка, шихтовка, опиловка, пропитка и др.) отделами труда и заработной платы часто составляются нормативы, которыми следует пользоваться при установлении технических норм времени на эти работы.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЕРДЕЧНИКОВ МАГНИТОПРОВОДОВ, КОЛЛЕКТОРОВ И КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

ГЛАВА III

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ

§ 3-1. Общие вопросы

Основные детали электрических машин — станины, подшипниковые щиты, валы, крышки, детали коллектора и якоря — изготовляют из различных заготовок на металлорежущих станках путем снятия стружки.

Механическая обработка деталей пока еще занимает значительную долю в общей трудоемкости изготовления электрических машин. При производстве машин переменного тока мощностью от 1 до 100 *квт* она равна 10—25% и постоянного тока мощностью до 200 *квт* — 25—40%.

Процесс обработки, трудоемкость и себестоимость детали зависят от рода заготовки. Необходимо стремиться к получению заготовки, по форме и размерам приближающейся к форме и размерам готовой детали. При такой заготовке облегчается ее механическая обработка и повышается коэффициент использования металла.

Коэффициент использования металла определяется как отношение веса готовой детали к весу заготовки.

Помимо совершенствования форм заготовок, необходимо улучшать методы механической обработки, зависящие от:

- 1) повышения удельного веса специального и автоматизированного оборудования в общем парке металлорежущих станков за счет перевода обработки деталей электрических машин с малопроизводительного универсального оборудования на специальные и агрегатные станки, автоматы и полуавтоматы;

- 2) создания быстроперенастраиваемых автоматических линий для обработки станин и валов нескольких типоразмеров;

- 3) внедрения групповых методов обработки деталей в условиях мелкосерийного и серийного производства на специальном и специализированном оборудовании, внедрение станков с программным управлением;

- 4) внедрения высокопроизводительных быстродействующих приспособлений и многоинструментальных наладок с одновременной работой в операции нескольких инструментов;

5) оснащения станков автоматизированными устройствами для проверки размеров деталей в процессе обработки без остановки станка.

§ 3-2. Обработка валов

Классификация и технические требования к валам. Вал в электрической машине является наиболее нагруженной деталью, передающей крутящий момент исполнительному механизму.

От прочности и жесткости вала зависят надежность и качество работы электрической машины. Валы имеют ступенчатую форму с уменьшающимися по диаметру ступенями к обоим концам.

Конструкция валов (рис. 3-1) зависит от характера работы двигателя. Вал тягового электродвигателя более нагружен, поэтому переход от одной ступени к другой выполнен плавным, в форме радиуса, называемого *галтелью*. Этим достигается снижение концентрации напряжений в местах перехода. У вала электродвигателя единой серии в местах перехода ступеней имеется небольшое занижение диаметра, предназначенное для выхода круга при шлифовании. Для крепления пакета сердечника на валу предусмотрена шпоночная канавка. У валов небольшого диаметра вместо шпоночной канавки делают рифление. Валы электрических машин изготавливаются из углеродистой стали марки 45 (ГОСТ 1050 — 60). Для наиболее нагруженных валов применяется легированная сталь марки 20ХНЗА или 30ХГСА.

Для получения мелкозернистой структуры заготовки валов подвергают термообработке (нормализации). Вал является наиболее точной деталью электрической машины. Большинство его поверхностей изготавливают по 2-му классу точности системы отверстия и 7-му классу чистоты (ГОСТ 2789-59).

Особенно точно должны быть изготовлены ступени валов под подшипник. При изготовлении ступеней по 2-му классу точности сумма овальности и конусности должна быть не более половины допуска на изготовление.

На чертежах валов указывают также допускаемые отклонения на расположение отдельных поверхностей. Например, для вала (рис. 3-1, а) отклонение от соосности шеек под подшипник не должно быть более 0,015 мм.

Заготовки для валов. Заготовки для валов могут быть из:

- а) круглого цилиндрического проката;
- б) периодического проката;
- в) поковок, получаемых радиальной ковкой;
- г) поковок, получаемых методами обычнойковки в штампах на ковочных молотах.

Заготовки из круглого цилиндрического проката представляют собой наиболее простую форму заготовки, получаемую обычно резкой на отрезных станках. При изготовлении из них валов до 40% металла уходит в стружку, поэтому применение таких заготовок может быть оправдано:

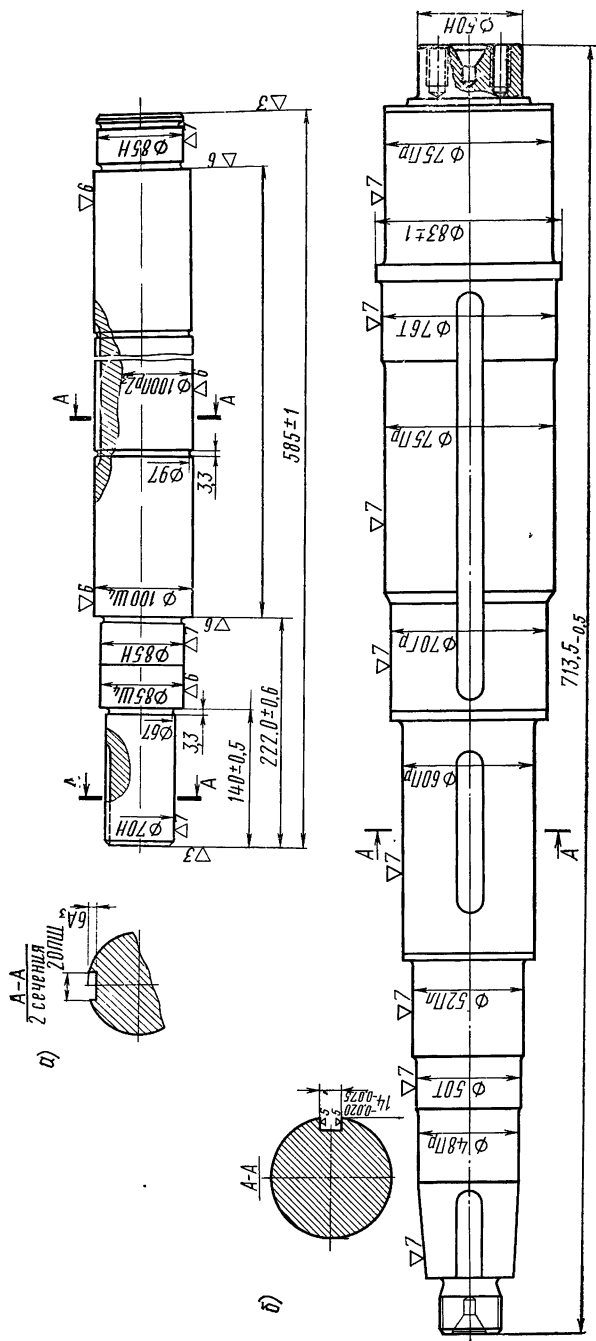


Рис. 3-4. Вали электрических машин:
а — асинхронного двигателя единой серии А2-91; б — тягового электродвигателя

а) при обработке валов, имеющих небольшой перепад диаметров ступеней вала;

б) в условиях индивидуального и мелкосерийного производства.

Заготовки валов из периодического (винтового) проката имеют размеры и форму, близкую к форме и размерам готового вала. Периодический прокат заготовок валов получают на металлургическом заводе путем обжатия цилиндрических заготовок на специальных станах.

Заготовки, нагретые до ковочной температуры ($1200-1100^{\circ}\text{C}$), вращаясь вокруг своей оси, перемещаются вдоль стана, проходя между тремя вращающимися дисками, и обжимаются ими.

Диски относительно друг друга расположены под углом 120° в плоскости, перпендикулярной оси вала, и наклонены к ней под некоторым углом. Разница в диаметрах ступеней вала получается за счет изменения расстояния между дисками.

Команду на перемещение дисков исполнительные механизмы стана получают от следящей системы, перемещающейся по копиру, профиль которого соответствует профилю ступеней вала.

Заготовки валов, получаемые методом радиальнойковки, наиболее совершенны, их форма и размеры мало отличаются от формы и размеров готового вала.

Получение заготовок валов указанным методом в условиях серийного и крупносерийного производства является наиболее рациональным методом.

Метод радиальнойковки заготовок валов заключается в следующем. Цилиндрическая заготовка, нагретая до ковочной температуры, закрепляется в зажимное устройство ковочной машины. Медленно вращаясь и перемещаясь вдоль оси и проходя между четырьмя бойками, заготовка обжимается (рис. 3-2, а). Бойки машины делают колебательные движения с частотой 550 колебаний в минуту.

На рис. 3-2, б показан участок радиальнойковки валов завода «Динамо» им. Кирова, на котором установлена ковочная машина австрийской фирмы «Steir» модели SVR 416.113.

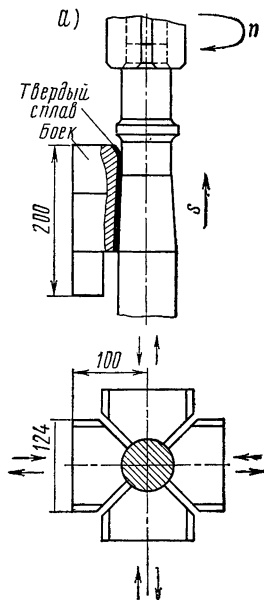


Рис. 3-2. Копи
а—схемаковки; б — плани
рубки; δ —печь для отжига;

Данные машины:

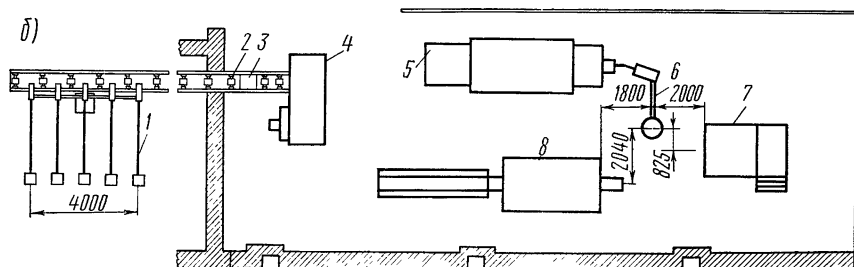
наибольшее усилиековки, т	160
наибольшиеразмерыпоковки, мм:	
диаметр	110
длина	1250
числоуступовприковки	7

Машина работает по заранее разработанной программе, установленной на ее кулачковом барабане. За один нагрев отковывается вначале один конец, а затем, перевернув вал, куется второй конец.

Заготовки валов из поковки, получаемые методами обычнойковки, применяют для изготовления валов крупных электрических машин, выпускаемых в небольших количествах.

Заготовки валов получают методами свободнойковки на ковочных молотах или мощных гидравлических прессах. Чаще у крупных машин вал куется не полностью, а производится только оттяжка его концов.

Методы разрезки валовой стали. С металлургического предприятия сталь для валов поступает в виде прутков длиной от 2 до 6 м, которые перед обработкой разрезаются на заготовки определенной длины. Обычно резка металла производится централизованно в специально выделенных заготовительных отделениях. Это позволяет лучше использовать оборудование и более экономно раскраивать металл.



лексно-механизированный участокковки и термообработки валов:
ровка участка; 1 — механизированный стол; 2, 3 — приводной рольганг; 4 — пресс для
6—манипулятор; 7—радиально-ковочная машина; 8—нагревательная печь

Существует несколько способов разрезки металла. Наиболее распространенные из них: резка прутков стали небольшого сечения приводными ножовками, разрезка валовой стали средних и больших сечений специальными дисковыми пилами на отрезных станках, рубка металла на специальных прессах.

Основные операции обработки валов. Фрезерование торцов и центрование валов. Для изготовления вала из заготовки на металлорежущих станках необходимо у детали иметь базу. Этой базой при обработке на токарных и шлифовальных станках служат центровые отверстия, а при обточке на гидрокопировальных полуавтоматах — и торцы вала.

Фрезерование торцов и центрование отверстий вала производится на фрезерно-центровальных двухпозиционных полуавтоматах.

При обработке заготовка закреплена в самоцентрирующих гидравлических тисках.

На позиции 1 (рис. 3-3) одновременно с обеих сторон насадными

фрезами со вставными твердосплавными ножами марки Т5К10 фрезеруют торцы вала по размерам, указанным на чертеже.

На позиции 2 производится центрование вала центровочными сверлами также одновременно с обеих сторон.

Фрезерно-центровальные станки работают по полуавтоматическому циклу. В функции рабочего входят установка и снятие детали, включение автоматического цикла работы станка, контроль за работой станка и его подналадка.

После включения станка автоматически осуществляются: ускоренный подвод к изделию шпиндельных бабок с фрезами, фрезерование торцов, выключение вращения фрезерных шпинделей, перемещение шпиндельных бабок на вторую позицию для центрования,

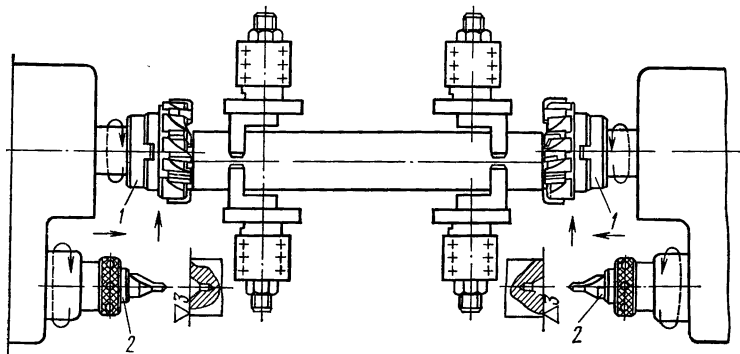


Рис. 3-3. Схема фрезерования торцов и вала центрования отверстий

ускоренный подвод к изделию и включение вращения центровочных шпинделей, центрование валов, отвод шпинделей в исходное положение и остановка станка по окончании цикла обработки.

За неимением фрезерно-центровальных станков подрезка торцов и центрование валов могут производиться на токарно-револьверных станках или токарных (подрезка торцов) и сверлильных станках (центрование отверстий).

Обточка валов производится на токарных станках или токарных гидрокопировальных полуавтоматах моделей 1712, 1722, МР-24, 1732, 1732Б.

Ступенчатые валы из поковок обтачиваются за две операции. В первой из них, с припуском под шлифовку, обрабатываются ступени одного конца вала, во второй операции — второго.

Те же валы при изготовлении их из круглого цилиндрического проката обрабатываются за четыре операции. Вначале оба конца вала обтачиваются начерно, затем — под шлифовку с припуском $0,3 \div 0,8$ мм в зависимости от диаметра вала.

Обработка валов на токарных станках непроизводительна. Для повышения производительности труда эти станки оснащаются гидрокопировальными суппортами.

Следует особо остановиться на обработке ступенчатых валов

на токарных гидрокопировальных полуавтоматах конструкции Московского станкозавода им. Орджоникидзе.

Гидрокопировальные полуавтоматы, представляющие собой гамму высокопроизводительных станков, благодаря автоматизации процесса обработки, простоте наладки и возможности быстрой перестройки с размера на размер нашли широкое применение в условиях серийного и массового производства для обработки деталей типа валов.

Эти станки вследствие значительной жесткости конструкции имеют более высокую точность, чем токарно-винторезные с гидрокопировальными суппортами.

Полуавтоматы легко встраиваются в автоматические линии, так как заготовки можно транспортировать через сквозное отверстие в станине.

Гидрокопировальные станки имеют два суппорта: верхний и нижний. Уступы вала обтачиваются по копиру верхним суппортом, а нижний служит для подрезки торцов и прорезки канавок.

Обработка валов на токарных гидрокопировальных полуавтоматах последних выпусков может производиться за один — четыре прохода. Каждый проход осуществляется по отдельному копиру. После каждого прохода верхний суппорт возвращается в исходное положение, а барабан с копиями автоматически поворачивается в соответствующее положение.

На указанных полуавтоматах в электротехнической промышленности можно обрабатывать валы, большинства выпускаемых электродвигателей. Так, на наименьшей по величине модели из гаммы гидрокопировальных полуавтоматов можно обрабатывать детали с максимальными длиной и диаметром обтачиваемых валов соответственно 500 и 125 мм, а на наибольшей модели — 1600 и 315 мм.

На рис. 3-4 показаны чертеж вала и схема наладки на обработку ку одного из концов этого вала.

Обрабатываемая деталь 1 устанавливается в центрах, поджатие вала производится пинолью задней бабки 8, перемещаемой посредством гидравлики. Благодаря тому что передний центр плавающий, вал поджимается до упора 2, который имеет возможность самоустанавливаться в случае неперпендикулярности торца относительно оси вала.

Закрепление детали осуществляется автоматически в момент ее вращения посредством самозажимных кулачков поводкового патрона 3. Обрабатывается вал резцом 4, закрепленным в резцедержателе 5 копировального суппорта.

На станине полуавтомата установлен копир 6, представляющий собой плоский шаблон, имеющий профиль детали. С копиром в постоянном контакте находится наконечник гидравлического щупа 7. Последний в зависимости от профиля копира, через гидросистему, заставляет суппорт с закрепленным на нем резцом перемещаться в нужном направлении.

Для обточки валов применяются резцы с пластинами твердого сплава Т5К10 и Т14К8 и главным углом в плане φ , равным 85—90°.

Станок работает по полуавтоматическому циклу: быстрый продольный и поперечный подвод резца к изделию, обточка по копиру,

ускоренный отвод суппорта в исходное положение в конце обработки и остановка станка осуществляются автоматически.

Рабочий только устанавливает и снимает деталь, включает станок и периодически проверяет размер деталей.

Настройка на размер производится на одном из уступов первой детали, имеющем большую точность. Все остальные размеры этой

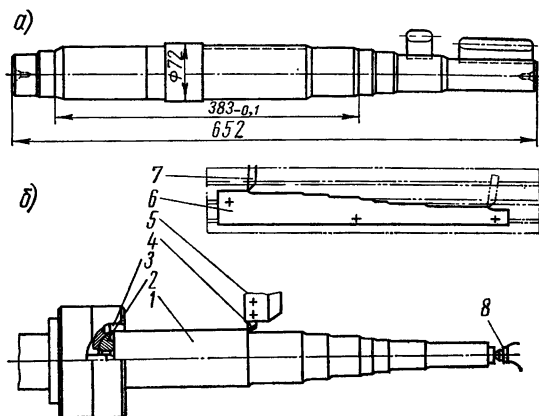


Рис. 3-4. Схема токарной обработки вала на гидрокопировальном полуавтомате:

а — вал; б — схема наладки

и последующих деталей выдерживаются автоматически как по диаметру, так и по длине.

Для обработки другого конца вала настраивается второй полуавтомат.

Для сокращения времени на переналадку для обработки очередного типа вала применяют групповую наладку (одни и те же упоры и кулачки, меняют только копиры).

Фрезерование шпоночных канавок. Шпоночные канавки на валах электрических машин предназначены для автоматических шпонок (ГОСТ 8788—68 и ГОСТ 8790—68).

Канавки, показанные на рис. 3-5, а, могут фрезероваться двумя способами: за один проход и с маятниковой подачей.

За один проход канавки фрезеруются на вертикально-фрезерном станке. Фреза вначале углубляется в тело вала на полную глубину канавки, затем включается продольная подача для фрезерования канавки на всю длину (см. рис. 3-5, а).

При фрезеровании с маятниковой подачей фреза углубляется на $0,3—0,6$ мм и фрезерует канавку на всю длину в одном направлении, затем углубляется на ту же величину и фрезерует канавку на всю длину в другом направлении (рис. 3-5, б). Движения фрезы и стола повторяются до тех пор, пока канавка не будет обработана на заданную глубину. Фрезерование с маятниковой подачей выполняется на специальных шпоночно-фрезерных станках.

При таком способе фрезерования ширина канавок получается более точной, так как нагрузка на фрезу небольшая и она длительное время сохраняет свои размеры.

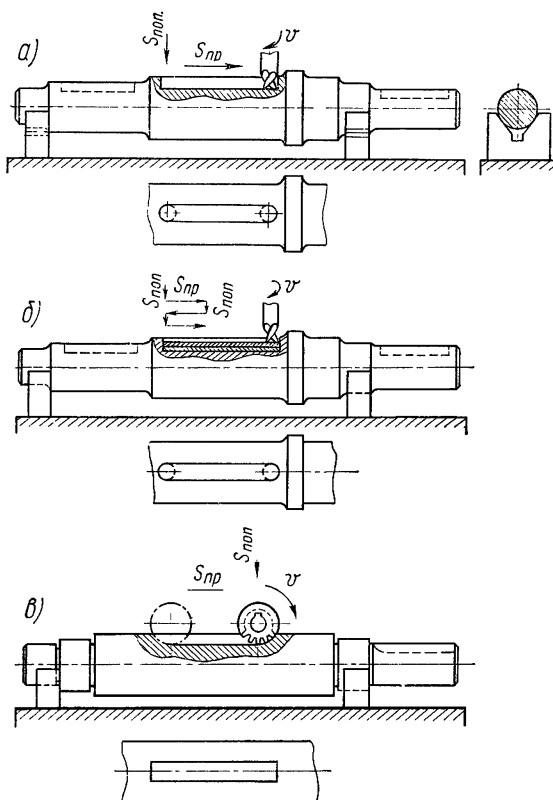


Рис. 3-5. Методы фрезерования шпоночных канавок:

a — шпоночной фрезой за один проход; *б* — шпоночной фрезой с маятниковой подачей; *в* — дисковой фрезой;
 $S_{\text{поп}}$ — поперечная подача; $S_{\text{пр}}$ — продольная подача;
 v — скорость резания

При фрезеровании шпоночной канавки за один проход нагрузка на фрезу возрастает, особенно при врезании, когда фреза работает как сверло, и быстро тупится и теряет размеры. Поэтому фреза дает неточный размер канавки по ширине.

Шпоночные канавки (см. рис. 3-1, *a*) фрезеруются на горизонтально-фрезерных станках дисковой фрезой (рис. 3-5, *в*). Размеры фрезы по ширине и диаметру должны соответствовать размерам шпоночной канавки.

В начале фрезерования дисковая фреза врезается на полную глубину канавки, затем столу станка дается продольная подача для фрезерования канавки на всю длину.

На валу электрической машины имеется несколько шпоночных канавок, расположенных по одной оси, на различных ступенях вала

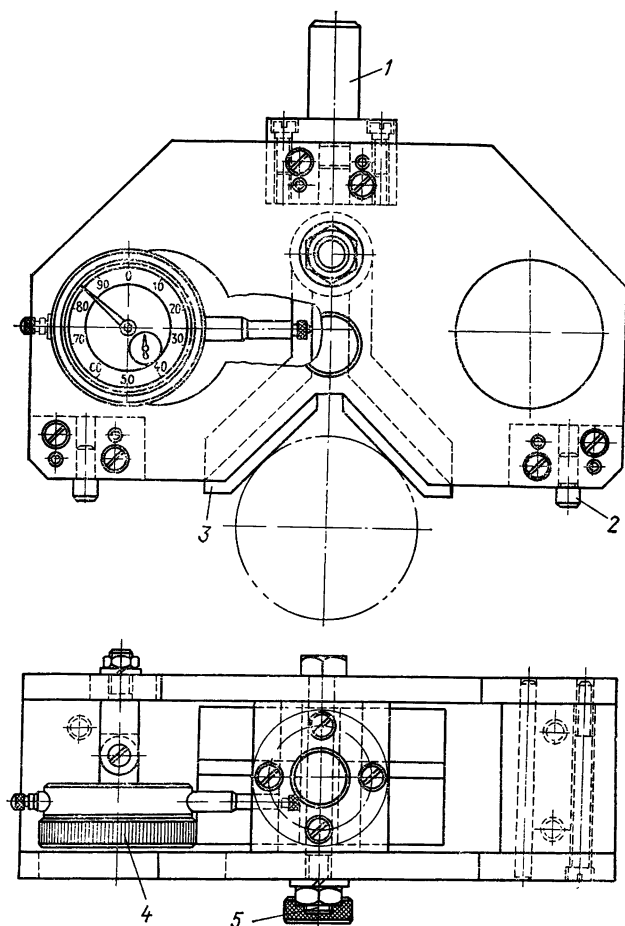


Рис. 3-6. Контрольное приспособление для проверки правильности установки на станке приспособления для фрезерования шпоночных канавок вала

(под железо, под нажимные шайбы, под коллектор, на концах валов). Ширину их стараются задавать одинаковой, для того чтобы иметь возможность фрезеровать одной фрезой.

При различных канавках по ширине приходится в процессе фрезерования одного вала менять инструмент, на что затрачивается значительное время.

Шпоночные канавки валов ряда электрических машин постоянного тока, помимо расположения их осей на одной прямой, не должны иметь смещения относительно оси вала.

Это требование может быть выполнено при фрезеровании всех шпоночных канавок за один установ вала в приспособлении.

Установка приспособления на столе вертикально-фрезерного станка для фрезерования шпоночных канавок вала производится с помощью контрольного приспособления (рис. 3-6).

Приспособление в цанговом патроне шпинделя станка закрепляется за штырь 1. Для удобства установки служат ножки 2, которыми приспособление опирается о стол станка.

В зажимное приспособление, устанавливаемое на столе станка, кладется вал, затем опускается шпиндель или поднимается стол станка до соприкосновения вала с призмой 3, которая может поворачиваться на некоторый угол вокруг оси 5.

В этом положении индикатор 4, ножка которого находится в контакте с призмой, показывает какую-то величину.

Для удобства наблюдения поворотом циферблата индикатор устанавливается на нуль. После опускания стола или поднятия шпинделя станка контрольное приспособление поворачивается на 180° и опять призма 3 вводится в контакт с валом.

При совпадении осей вала и шпинделя станка стрелка индикатора останавливается на нуле. Если ось приспособления для закрепления вала сбита относительно оси шпинделя станка, то стрелка индикатора отклоняется в ту или иную сторону.

Перемещая стол станка в поперечном направлении, добиваются одинакового показания индикатора в обоих положениях контрольного приспособления.

Такая проверка позволяет убедиться в совпадении осей вала и шпинделя станка только в одном сечении вала. При правильной установке приспособления на столе станка ось шпинделя должна пересекаться с осью вала в любом сечении.

Для этого, очевидно, необходимо проверить правильность установки приспособления в другом сечении вала, находящемся на достаточном расстоянии от первого. В случае смещения оси приспособления во втором проверяемом сечении (для нахождения правильного положения) перемещается не стол станка, а поворачивается проверяемая сторона приспособления.

Р и ф л е н и е. Рифление шейки вала для крепления железа сердечника ротора производится выдавливанием металла в процессе накатки вала специальными роликами. На периферии роликов вдоль образующих профрезерованы зубцы, форма и размеры которых соответствуют заданной форме и размерам рифления вала.

Ролики для накатки изготавливаются из стали ХВГ или Х12 и закаливаются до твердости HRC 60-62.

Накатка рифлений валов производится на токарных или специальных станках.

При накатке возникают большие усилия, которые могут искривить вал, если производить накатку роликом с одной стороны. Во избежание этого валы накатываются одновременно двумя роли-

ками, расположенными с обеих сторон вала в диаметрально противоположном направлении (рис. 3-7).

Для рифления вала один его конец закрепляют в патроне станка, а другой поджимается центром задней бабки. Накатные ролики самостоятельно во вращение не приводятся, а получают его от вала в результате сцепления с ним. Накатной инструмент закрепляется в суппорте станка.

На специальных станках для накатки рифлений, которые могут воспринять большие усилия, рифление производится сразу по всей длине шейки вала длинными роликами.

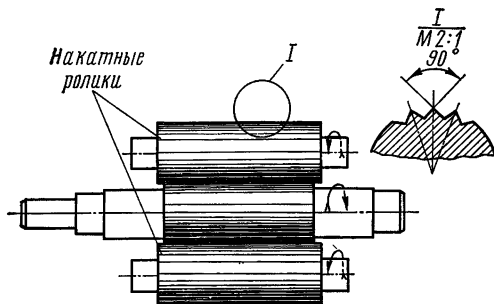


Рис. 3-7. Схема накатки рифлений на шейке вала

В процессе рифления металл выдавливается и диаметр шейки вала становится большим. Поэтому исходный диаметр для накатки принимается меньшим на величину поднятия металла. Перед рифлением поверхность вала шлифуется до получения диаметра не ниже 4-го класса точности.

После рифления шейка вала шлифуется вторично до размера, заданного чертежом.

Сверление отверстий. Валы некоторых электрических машин имеют осевое и боковые отверстия для вывода проводов к контактным кольцам, у других валов имеются с торца два — три отверстия с резьбой для закрепления шайбы, запирающей на валу внутреннее кольцо подшипника.

Сверление отверстий в торце вала и нарезание в них резьбы производится на радиально-сверлильных станках через накладной кондуктор, вал при этом закрепляется сбоку стола станка.

На рис. 3-8 показан универсальный кондуктор для сверления трех наклонных отверстий в валах асинхронных электродвигателей, применяемый на одном из заводов. Все узлы кондуктора смонтированы на сварной станине 8, за которую он закрепляется при установке на радиально-сверлильном станке. Для сверления вал устанавливается на ролики 11 трех опор 10, закрепленных на наклонном столе станины. Упором для вала служат закаленные пластины 2, расположенные на поворотном барабане. После поворота барабана в положение, соответствующее определенному типоразмеру вала, он фиксируется пальцем 3. Закрепляется вал в кондукторе с помощью пневмоцилиндра 9, шток которого передает усилие на планку 12 через тяги 6 и 13.

Отверстия сверлят через втулку 24, запрессованную в откидной планке 23, шарнирно закрепленной на стойке 22, которая в зависимости от диаметра вала перемещается вверх или вниз с помощью

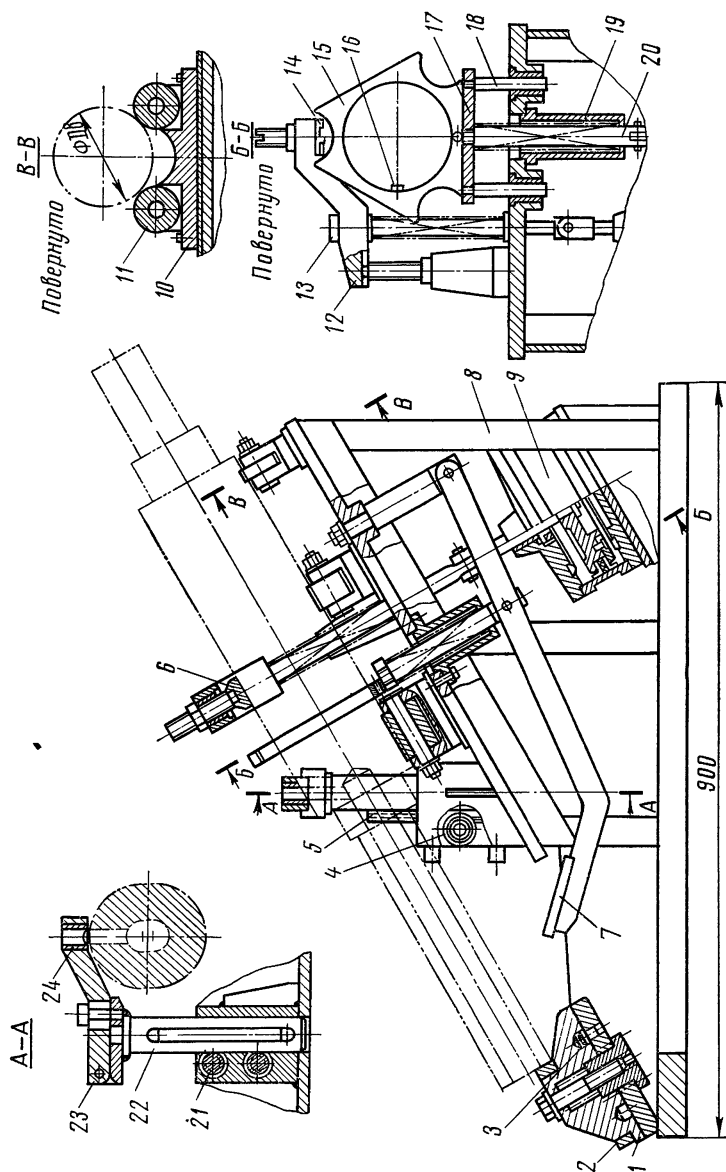


Рис. 3-8. Универсальный кондуктор для сверления наклонных отверстий в валах

шестерни 4 и рейки 5. Фиксируется стойка двумя тангенциальными зажимами 21.

Положение вала в кондукторе для сверления каждого из трех отверстий, расположенных под углом 120° , фиксируется разрезным трехгранным кольцом 15. Сверление отверстий в валу осуществляется в следующей последовательности. Кондуктор предварительно наладывается на заданный типоразмер вала установкой упорного барабана 1 и регулировкой по высоте стойки с кондукторной планкой и поворотной прижимной планкой. На вал надевается разрезное кольцо 15, шпонка 16 которого заходит в шпоночный паз вала. Закрепляется кольцо на валу защелками 14. При установке вала на ролики 11 необходимо грань кольца 15 положить на планку 17, находящуюся под постоянным нажимом пружины 19. После этого можно включить пневмоцилиндр 9, закрепить вал и просверлить отверстие.

Для поворота вала на 120° необходимо открепить вал переключением цилиндра 9, отвести планку 17 нажимом на ножную педаль 7. При нажиме на педаль усилие планке 17 передается через тягу 20, и она опускается вниз, скользя двумя колонками 18 по направляющим втулкам. Освобожденный вал от руки легко поворачивается на роликах примерно на угол 120° .

После отпускания ножной педали планка 17 входит в контакт с гранью кольца 15 и поворачивает вал на 120° . Закрепив вал пневмоцилиндром, производят сверление очередного отверстия.

Изготовление резьбы. Вали некоторых электродвигателей на своих концах имеют резьбу. Резьба на валах может быть получена методом снятия стружки (нарезание резьбы режущим инструментом на металлорежущих станках) или способом пластической деформации без снятия стружки (накатывание резьбы резьбоцилиндрическими роликами).

Наружная резьба нарезается на токарных станках резьбовыми резцами, резьбовыми гребенками, плашками, резьбонарезными головками и на резьбофрезерных станках гребенчатыми резьбовыми фрезами.

При нарезании резьбы на токарно-винторезных станках получают большую чистоту поверхности и точность обработки, чем на резьбофрезерных станках.

К недостаткам процесса нарезания резьбы на токарно-винторезных станках следует отнести низкую производительность и требование высокой квалификации токаря.

Более производительным способом получения резьбы является фрезерование резьбы гребенчатыми резьбовыми фрезами (ГОСТ 1336—62) на резьбофрезерных станках (рис. 3-9).

Гребенчатая резьбовая фреза представляет собой цилиндр, на поверхности которого имеется большое количество элементарных резьбовых зубьев-резцов, образованных пересечением продольных U-образных и кольцевых канавок.

Кольцевые канавки нарезаны на цилиндре с шагом и профилем, соответствующим шагу и профилю резьбы.

Для уменьшения трения в процессе резания боковые поверхности зубьев фрезы отзатылованы (снят затылок).

Процесс фрезерования резьбы заключается в следующем. Изделию и фрезе задается вращение вокруг их осей, фреза, кроме того, перемещается вдоль оси изделия, а в начале резания — и перпендикулярно оси.

В течение примерно 0,2 оборота заготовки фреза врежется на полную глубину резьбы. Затем за один полный оборот вала нарезаются одновременно все витки резьбы.

Вращение заготовки и продольное перемещение фрезы согласованы. За один оборот заготовки фреза перемещается на величину, равную шагу резьбы.

Ширина фрезы должна быть на две — три нитки больше нарезаемой резьбы.

Резьбофрезерные станки работают по полуавтоматическому циклу, что создает возможность для многостаночного обслуживания. Контроль резьбы осуществляется резьбовыми калибрами-кольцами.

Ш л и ф о в а н и е в а л о в. Ступени вала шлифуются на круглошлифовальных станках. Существует несколько способов шлифования наружных поверхностей на круглошлифовальных станках: с продольной подачей, глубинный, врезной, комбинированный (рис. 3-10).

При шлифовании с продольной подачей (рис. 3-10, а) припуск снимается при малых глубинах резания за несколько проходов. Окружная скорость шлифовального круга при обычном шлифовании составляет 25—35, а при скоростном — 50 м/сек.

Изделие, установленное в центрах, вращается с окружной скоростью 12—55 м/мин.

Стол станка с закрепленным на нем изделием имеет возвратно-поступательное движение (продольная подача).

Продольная подача детали S_d измеряется в долях ширины круга и равна от 0,3 до 0,7 B_k на один оборот изделия, где B_k — ширина круга.

Поперечная подача (глубина резания) S_t получается за счет перемещения шлифовального круга перпендикулярно оси изделия только в начале или в начале и конце каждого продольного хода стола.

Поперечная подача при черновом шлифовании назначается в пределах $S_t = 0,015—0,05$ мм на один ход стола, а при чистовом шлифовании $S_t = 0,001—0,01$ мм.

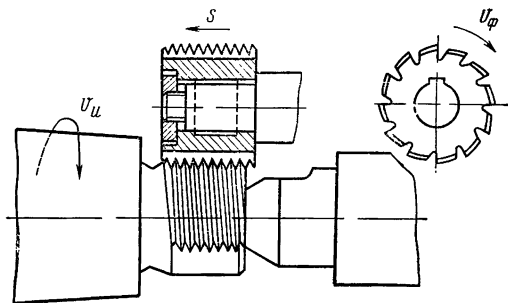


Рис. 3-9. Схема фрезерования резьбы грелбенчатыми фрезами:

v_f и v_n — соответственно скорости вращения фрезы и изделия; S — продольная подача фрезы

Шлифование разделяется на черновое и чистовое. При черновом шлифовании снимается 75—80% припуска. При крупносерийном и массовом производстве черновое и чистовое шлифование целесообразно выполнять за две операции.

Следует выделить в отдельную операцию чистовое шлифование шеек под подшипники, которые должны иметь чистоту поверхности $\nabla 8$, точность 1—2-го класса и практически круглую поверхность.

Черновое и чистовое шлифование может производиться и в одну операцию как два перехода.

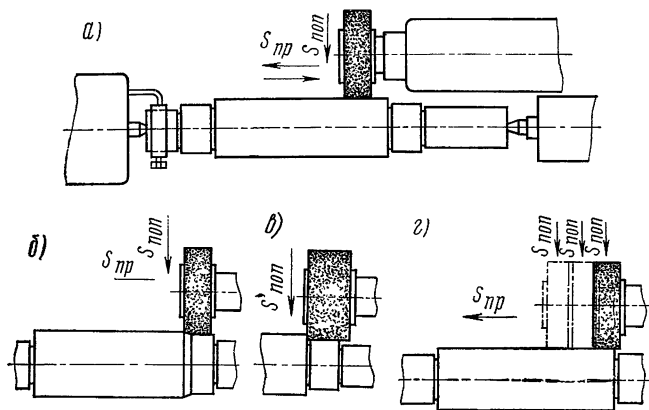


Рис. 3-10. Схема шлифования цилиндрических поверхностей:

а — продольной подачи; б — глубинное; в — врезное; г — комбинированное

При шлифовании в результате давления шлифовального круга происходит упругое отжатие шлифуемой детали, которое оказывает отрицательное влияние на чистоту поверхности и форму детали. Для получения правильной геометрической формы и качественной поверхности производят в конце шлифования дополнительные проходы без поперечной подачи (выхаживание) до прекращения появления искр.

При глубинном способе шлифования (рис. 3-10, б) весь припуск снимается за один проход.

При шлифовании шеек вала, ширина которых меньше ширины шлифуемого круга, применяется врезное шлифование (рис. 3-10, в). При этом способе шлифовальному кругу сообщается только поперечная (радиальная) подача в пределах 0,003—0,013 мм/об.

В условиях крупносерийного и массового производства для шлифования шеек валов небольшой протяженности применяются специальные врезные круглошлифовальные станки, имеющие несколько шлифовальных бабок, на шпинделях которых закреплено несколько шлифовальных кругов. По достижении заданного размера каждая шлифовальная бабка отходит от изделия самостоятельно, тем самым исключается влияние износа кругов на точность шлифования.

Комбинированный процесс шлифования состоит из врезного (при черновом шлифовании) и шлифования с продольной подачей (при чистовом). Применяется он при шлифовании ступеней вала, длина которых более ширины круга (например, под железо).

При таком способе шлифования (рис. 3-10, а) припуск снимается в несколько приемов. Вначале врезным шлифованием снимается основная часть припуска, затем продольной подачей вал шлифуется начисто.

Комбинированный способ шлифования производительнее способа шлифования с продольной подачей.

В отличие от обработки валов в центрах на токарных станках, когда вместе с изделием вращаются передний и задний центры, шлифование валов на круглошлифовальных станках производится на неподвижных центрах. В связи с этим к состоянию центровых гнезд вала и центрам шлифовального станка предъявляются повышенные требования. Поврежденные или разработанные при черновой токарной обработке центровые гнезда вала не могут обеспечить надлежащей точности процесса шлифования.

Шлифование конических поверхностей вала ничем не отличается от шлифования цилиндрических его поверхностей и производится в отдельную операцию, так как для их шлифования требуется разворот стола шлифовального станка на половину угла конуса. Контроль диаметров ступеней вала после шлифования осуществляется гладкими предельными калибрами-скобами, а конусов вала — с помощью конических калибров-втулок (рис. 3-11).

Угол конуса проверяют, определяя площадь прилегания конусной поверхности вала к поверхности калибра-втулки. Для этого на поверхность конуса наносят тонкий слой краски (берлинской лазури) или вдоль образующих конуса наносят несколько линий мягким графитовым карандашом, располагая их равномерно по окружности. Калибр-втулку осторожно надевают на конец вала. Приложив некоторое осевое усилие к втулке для плотного прилегания конических поверхностей вала и втулки, последнюю поворачивают на некоторый угол. Если угол конуса вала выполнен правильно, а образующая конуса прямолинейна, то краска или графит распределится равномерно по всей длине втулки, в остальных случаях на ней будут только пятна. Полного соответствия угла конуса вала углу конуса втулки и получения прямолинейной образующей достигнуть очень трудно, поэтому допускается неполное прилегание конусов, которое определяется величиной пятна краски на втулке в процентах от всей поверхности втулки.

О соответствии чертежу наименьшего и наибольшего диаметров конуса судят по положению торца 2 вала, который должен находиться между поверхностями 1 и 5 калибра втулки.

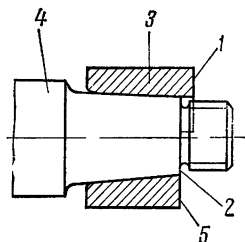


Рис. 3-11. Схема проверки конуса вала калибром — втулкой:

1 — непроходная плоскость; 2 — торцовая плоскость конуса; 3 — калибр-втулка; 4 — вал; 5 — проходная плоскость

Обработка валов на автоматических линиях. В условиях массового производства валы единой серии асинхронных электродвигателей обрабатываются на автоматических линиях конструкций ЭНИМС и завода им. Орджоникидзе г. Москвы.

Валы электродвигателей АО2 5-го габарита на Владимирском электромоторном заводе обрабатываются на автоматической линии конструкции завода им. Орджоникидзе. Линия состоит из двух участков. Заготовкой валов служит круглый цилиндрический прокат.

На первом участке линии фрезеруются торцы вала и центруются отверстия на барабанно-фрезерных станках; на гидрокопировальных полуавтоматах начерно и под шлифовку обтачиваются ступени вала; на специальном станке производится рифление шейки вала под пакет железа; на бесцентрово-шлифовальном станке одновременно шлифуются все ступени вала, за исключением выходного конца; дисковой фрезой фрезеруется шпоночная канавка на выходном конце вала.

На втором участке линии вал запрессовывается в пакет; затем шлифуется выходной конец вала с базой от его шеек под подшипник; обтачивается наружный диаметр пакета ротора и производится балансировка ротора с автоматическим высверливанием в пакете железа излишков металла с тяжелой стороны.

§ 3-3. Обработка станин

Конструкции станин, технические требования, предъявляемые к станинам. Станина — основная деталь электрической машины, к которой различными способами крепятся все остальные детали и узлы.

Станины асинхронных электродвигателей отливаются из чугуна, кроме электродвигателей малых габаритов, станины которых получают из алюминия на машинах литья под давлением, при этом в литейную пресс-форму вставляется предварительно зашихтованный пакет листов статора и в результате получается необмотанный статор.

Станины машин постоянного тока, являющиеся магнитопроводом, изготавливают из стали. Станины, крупные по размерам и имеющие сложную конфигурацию (восьмигранные и др.), отливают из стали 25Л. Станины, имеющие круглую форму, изготавливают из трубы или стального листа с загибкой в кольцо на гибочных машинах (мелкие в штампах) и последующей сваркой.

В крупных машинах для удобства монтажа и ремонта станины делают разъемными. По конструкции крепления подшипниковых щитов станины бывают с внутренним или наружным замком.

Замком у станины и подшипникового щита принято называть поверхности, которыми они сопрягаются при сборке. По условиям работы электрической машины станина должна быть обработана с определенной точностью.

Посадочные поверхности под подшипниковые щиты растачивают в пределах 2-го и 3-го классов точности.

Для обеспечения равномерного зазора между ротором и статором и для нормальной работы подшипников (без перекоса) поверхности, сопрягаемые с подшипниковыми щитами и пакетом статора, должны быть концентричными, а торцы станины, к которым прилегают подшипниковые щиты, — перпендикулярными оси станины.

Ось расточенных отверстий должна быть параллельна плоскости лап.

На рис. 3-12 показана станина асинхронного двигателя единой серии.

Схема обработки станин. В результате многолетней практики определились две основные схемы обработки станин, обеспечивающие выполнение вышеперечисленных требований.

Эти схемы обработки различаются базами и в связи с этим оборудованием, применяемым для обработки станин.

В одной из них, приняв за базу для первой операции торец и наружный или внутренний диаметр станины, обрабатывают отверстие станины (на длину до кулачков, крепящих станину на столе станка при базировании по внутреннему диаметру) и замковые поверхности, которые будут служить базой для последующих операций. Во второй операции (на специальной оправке) с базой от расточенного замка обрабатывают с другой стороны замковые поверхности станин машин переменного и постоянного тока, кроме того, у станин машин переменного тока начисто растачивают отверстие станины под пакет статора и лобовую часть обмотки, а в станинах машин постоянного тока — посадочные поверхности под полюса.

По такой схеме для обработки на универсальном оборудовании требуются токарные, револьверные или карусельные станки. Поэтому назовем данную схему обработки станин условно *токарным вариантом*.

Дальнейшая обработка станин заключается в фрезеровании лап на вертикально- или продольно-фрезерных станках, сверлении отверстий и нарезании в них резьбы на радиально-сверлильных станках. Базой для этих операций принимается замок станины.

При обработке станин по другой схеме в первой операции фрезеруют лапы, сверлят в них отверстия, два из которых дополнительно зенкеруют или развертывают, так как они будут использованы в качестве базисующих при дальнейшей обработке станины.

Первая операция выполняется на продольно-фрезерных или агрегатных станках, базой при этом служат торец, внутренняя поверхность лап и наружная поверхность или отверстие станины.

Дальнейшие операции — обработка замковых поверхностей, обработка центрального отверстия станины, сверление крепежных отверстий — выполняются с базой от опорных поверхностей лап и двух развернутых отверстий в них. Сверление отверстий на радиально-сверлильных станках может производиться с базой от замков.

По данной схеме для обработки цилиндрических поверхностей требуются станки типа расточных. Поэтому назовем этот вариант *расточным*.

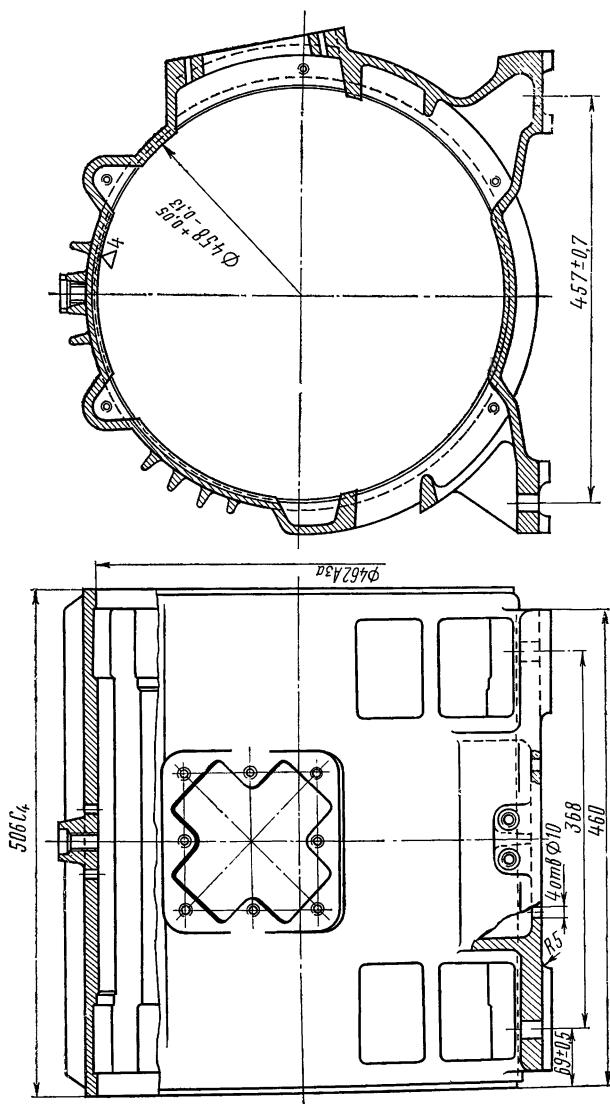


Рис. 3-12. Станина асинхронного двигателя единой серии

Токарный вариант изготовления станин, как более производительный, применяется в условиях индивидуального и мелкосерийного производства при обработке на универсальном оборудовании станин средних и небольших габаритов.

По расточному варианту на универсальном металлорежущем оборудовании обрабатываются главным образом крупные стальные станины электродвигателей постоянного тока, и на автоматических линиях отечественного производства — станины асинхронных двигателей единой серии.

Обработка станин на универсальном оборудовании. В условиях индивидуального и серийного производства станины обрабатываются на универсальном металлорежущем оборудовании.

Обработка замковых поверхностей отверстия под пакет статора производится у станины на токарно-револьверных станках. За базу при обработке лучше принимать наружную поверхность станины, так как в этом случае после расточки центрального отверстия толщина стенок станины будет одинаковой. Но это не всегда возможно. Наличие ребер на наружной поверхности станины и ее несимметричная форма затрудняют крепление станины при обработке.

Поэтому за базу при обработке на первой операции часто принимается отверстие станины. На рис. 3-13 показано пневматическое зажимное приспособление для обработки станин на карусельном станке. Закрепляется оно на столе 1 станка. Включением пневмоцилиндров 2 (всего их два, второй на рисунке не показан) поднимается загрузочный стол-рольганг 9 на высоту, несколько большую корпуса оправки 5. Станина 4 с помощью рольганга устанавливается над оправкой. При опускании рольганга с помощью пневмоцилиндров станина находит на оправку. Закрепляется она в разжим шестью кулачками 3, расположенными под углом 120° один к другому. Кулачки перемещаются конусными срезами внутренних оправок 6 и 7 при их передвижении от двойного пневмоцилиндра 10. Пружинами 8 кулачки всегда прижаты к срезам оправок. Обработанные поверхности станины на рисунке заштрихованы.

По окончании обработки подачи сжатого воздуха в среднюю часть пневмоцилиндра внутренние оправки перемещаются навстречу друг другу, кулачки пружинами отводятся в исходное положение и станина освобождается.

Для съема со станка станина рольгангом поднимается вверх и по роликам рольганга передвигается к краю, а затем подъемником или вручную (в зависимости от веса) снимается.

Для обработки второй замковой поверхности и растачивания отверстия под пакет железа статора станина базируется по замку, обработанному в первой операции.

Приспособлением для этой операции служит оправка, представляющая собой диск с приваренными к нему шестью незакаленными стальными кулачками. Во избежание биения посадочной поверхности оправки кулачки ее обтачиваются непосредственно на станке после того, как оправка установлена и закреплена на столе станка.

Диаметр заточки обрабатывают до такого размера, чтобы обеспечить небольшой натяг при установке станины на оправку.

Отрицательным в такой технологии является совмещение в одной операции черновой и чистовой обработок. Из-за неравномерных

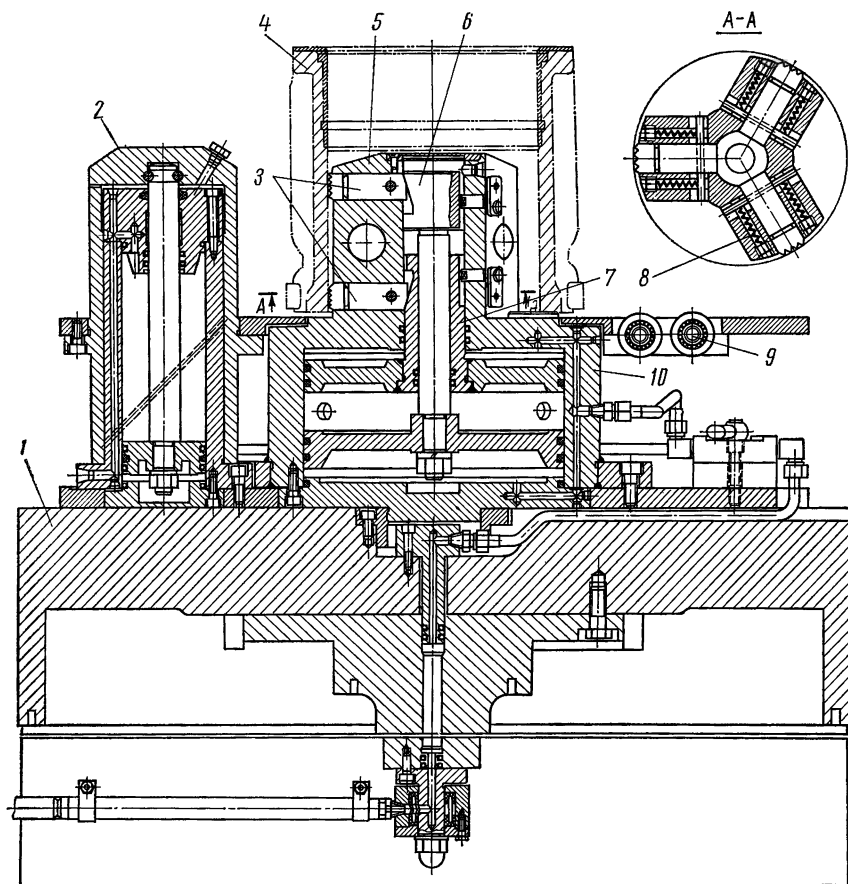


Рис. 3-13. Пневматическая оправка для обработки станин на карусельном станке

припусков заготовок подвижные механизмы станка разрабатываются, между их деталями увеличиваются зазоры, кроме того, за счет попадания окалины и песка при обработке литья трущиеся части быстро изнашиваются. Поэтому получить высокий класс точности и чистоты, которые должны иметь обработанные поверхности станины, трудно.

Кроме того, при снятии большого припуска металла возникают значительные усилия резания, требующие прочного крепления станины при обработке. Жесткость же станин часто оказывается недо-

статочной для восприятия усилий закрепления и резания без деформации. Поэтому посадочные поверхности, будучи круглыми при закреплении станины на станке, оказываются овальными после снятия станины со станка.

Для обеспечения точности изготовления станин, предусмотренной чертежом, необходимо обработку станин разделять на черновую и чистовую и выполнять ее на различных станках.

После обработки посадочных поверхностей фрезеруют опорные поверхности лап и клеммовую коробку, сверлят отверстия, нарезают резьбы.

Лапы и клеммовую коробку фрезеруют одновременно на двухшпиндельном продольно-фрезерном станке (рис. 3-14). Отверстия сверлят на радиально-сверлильных станках через кондукторы.

Обработка станин на агрегатных станках и автоматических линиях. В крупносерийном и массовом производствах станины обрабатываются на поточно-механизированных линиях, состоящих из специальных, специализированных и агрегатных станков или автоматических линий. Выбор той или иной линии для обработки станин зависит от программы и номенклатуры электрических машин, выпускаемых предприятием, и должен быть обоснован расчетом экономической эффективности.

Обработка на агрегатных станках. На агрегатных станках обрабатываются самые массовые электродвигатели первых трех габаритов со станинами из алюминия.

В качестве примера рассмотрим технологический процесс обработки станины единой серии АОЛ-2 2-го габарита.

Первая операция механической обработки станин — расточка замковых поверхностей — выполняется на многолезцовом станке. Станина с залитым в нее пакетом статора устанавливается на цанговую оправку по внутреннему диаметру пакета и у нее одновременно с обеих сторон обтачиваются начисто наружные замки.

Сверление отверстий и нарезание резьбы производится на четырехпозиционном агрегатном станке, схема обработки на котором по позициям показана на рис. 3-15.

Позиция станка I является загрузочной, на которой во время работы головок на других позициях оператор снимает обработан-

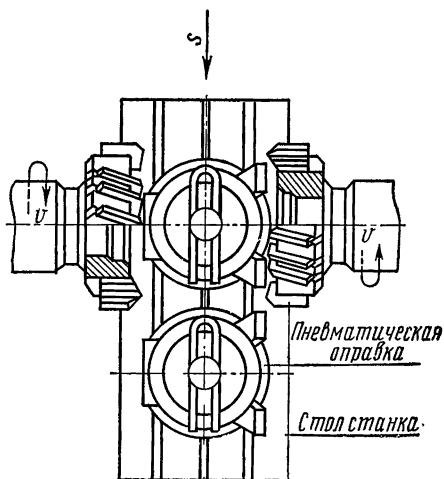


Рис. 3-14. Схема фрезерования лап и клеммовой коробки на продольно-фрезерном станке

ную станину и устанавливает на оправку необработанную. Базирующей поверхностью являются отверстие пакета и торец статора.

На *II* позиции производится сверление двух боковых отверстий $\varnothing 5$ под резьбу М6.

На *III* позиции в работе участвуют три силовые головки. Головка *a* сверлит четыре отверстия диаметром $14A_5$ мм в лапах и два отверстия диаметром 5 мм для стока конденсата, головка *b* нарезает

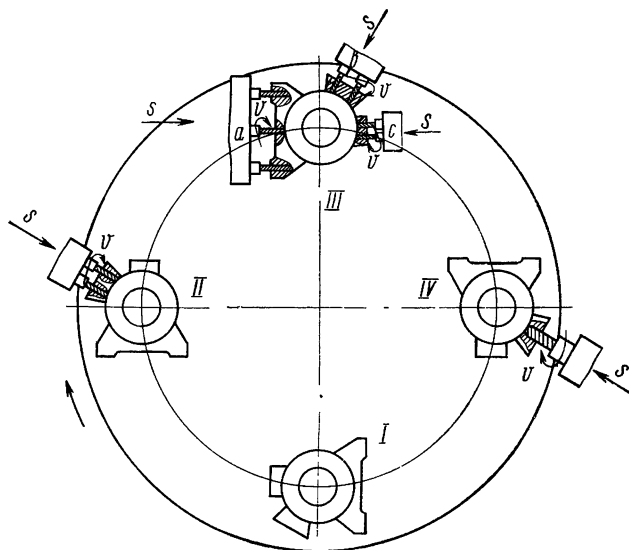


Рис. 3-15. Схема сверления отверстий в статоре электродвигателя АОЛ 2-го габарита на агрегатном станке

резьбу М6 $\times$ 1 в ранее просверленных отверстиях, а головка *c* сверлит два отверстия диаметром по 2,5 мм под табличку с техническими данными.

На *IV* позиции сверлится одно отверстие диаметром $32A_7$ мм для вывода из статора концов обмотки.

Обработка на автоматических линиях. Автоматические линии на электромашиностроительных заводах страны были впервые применены для обработки электродвигателей единой серии А и АО 6-го и 7-го габаритов. Изготовил линии завод им. Серго Орджоникидзе (г. Москва).

Каждая линия состояла из базового станка и двух участков обработки станин по четыре многосторонних агрегатных станка в каждом. На базовом станке, представляющем собой четырехпозиционный агрегатный станок, производилась подготовка для обработки станины на линии: фрезеровались лапы, сверлились отверстия в них, два из которых как базовые зенкеровались. Передача станин от станка к станку производилась с помощью спутников,

на которые деталь устанавливалась на лапы и фиксировалась с помощью двух базовых отверстий.

На первом участке станину помещали поперек линии и у нее производилась подрезка торцов, расточка замков и отверстия под пакет статора, сверлились отверстия в торцах станины и нарезалась в них резьба для крепления подшипниковых щитков.

После поворота станины вместе со спутником на 90° у детали на втором участке линии обрабатывались все остальные отверстия, предназначенные для крепления коробки выводов, грузового винта, кожуха вентилятора и заводского щитка.

В настоящее время для обработки станин наиболее массовых электродвигателей единой серии, кроме автоматических линий завода Серго Орджоникидзе, применяются автоматические линии ЦС2 и ЦС3 производства венгерских станкостроителей, изготовленные по заказу советских заводов.

На линиях ЦС2 и ЦС3 обрабатываются станины электродвигателей единой серии соответственно 3—5-го и 6—7-го габаритов. Эти линии также состоят из двух участков. На спутник станина устанавливается в вертикальном положении, базируясь по наружному диаметру и торцу. После обработки одной стороны станина переворачивается и устанавливается расточенным замком на спутник второго участка линии для обработки другой стороны.

Чистовая обработка замков статоров электродвигателей. Чистовая обработка замковых поверхностей статоров производится в электродвигателях единой серии после запрессовки пакета в станину с базой от внутреннего диаметра статора.

Замки электродвигателей АО2 3-, 4- и 5-го габаритов растачиваются на автоматах ЦСП-2, изготовленных Чепельским станкостроительным заводом (Венгерская Народная Республика).

Замки статоров более крупных электрических машин растачиваются на токарных или карусельных станках на цанговых оправках.

Автомат ЦСП-2 (рис. 3-16) представляет собой двухпозиционный станок, предназначенный для работы в поточной линии. Снятие статора с конвейера, установка его на первую позицию для обработки замков, передача на вторую позицию для контроля размеров обработанных поверхностей, снятие со станка обработанного статора и установка его на конвейер производятся с помощью автоматического загрузочного устройства.

Станок снабжен отсасывающим устройством для удаления металлической стружки и пыли из зоны обработки.

На рис. 3-16, б показана оправка, с помощью которой производится базирование и крепление статора в процессе обработки.

После установки статора на первую позицию шпиндельная бабка вместе с закрепленной оправкой при движении вправо входит в отверстие статора, а конец оправки — в отверстие опоры. Стержень 1 нажимает через пружину 3 на палец 4, заставляя разрезную насадку 5 разжиматься в отверстия опоры, соединяясь с ним без зазора.

Одновременно с этим конусная поверхность стержня 1 разжимает три кулачка 2, которыми и закрепляется статор на оправке за внутренний диаметр пакета.

Замковые поверхности обрабатываются одновременно с обеих сторон статора (рис. 3-16, *в*). После расточки замков гидравлическое устройство шпиндельной бабки перемещает оправку влево, освобождая статор от закрепления. Загрузочным устройством статор

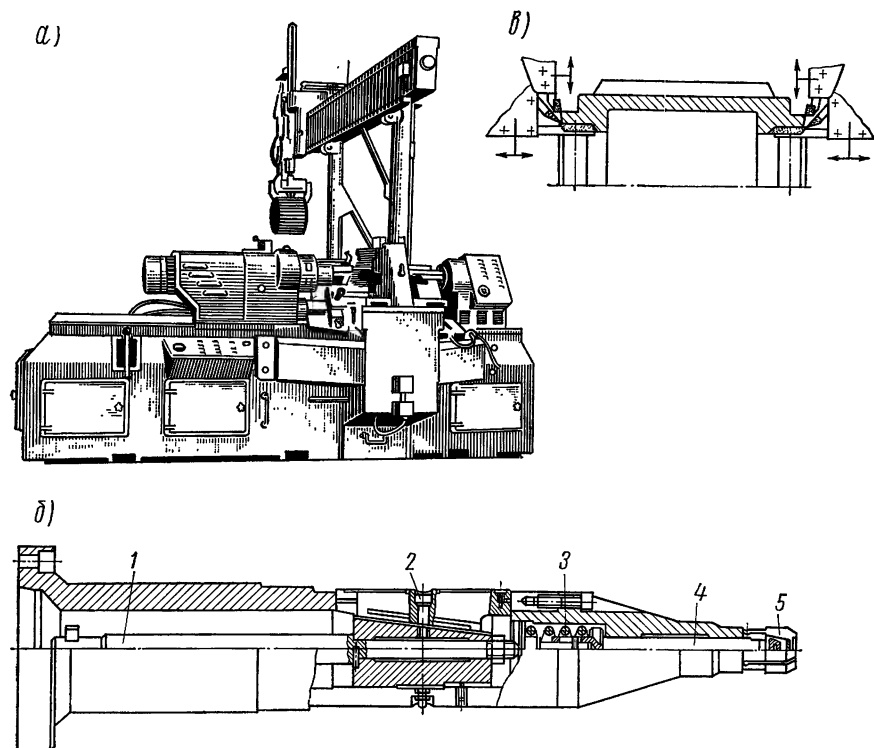


Рис. 3-16. Чистовая расточка замков статора:

а — автомат ЦСП-2; б — расточная оправка автомата; в — схема обработки замков

передается на позицию контроля. В случае обнаружения при проверке брака по длине станины или диаметру замка автомат останавливается.

Устранив причину брака, оператор снова включает автомат в работу.

Автоматы ЦСП-2 работают производительно (32 станины в час 5-го габарита) и обеспечивают заданную точность в пределах класса точности А2_а, что подтверждается опытом их эксплуатации на заводах [11].

§ 3-4. Обработка подшипниковых щитов

Классификация, технические требования. Подшипниковые щиты служат соединительной деталью между статором и ротором.

В электрических машинах применяются различные по конструкции подшипниковые щиты, отличающиеся друг от друга формой, размерами и материалом, из которого они изготовлены. Но несмотря на большое разнообразие конструкций щитов, по назначению их можно разделить на два вида: а) подшипниковые щиты для электрических машин на лапах (рис. 3-17, а), служащие только соединительной деталью; б) фланцевые подшипниковые щиты для электрических машин без лап (рис. 3-17, б), которые являются не только соединительной деталью, но и служат для установки и крепления электрической машины на исполнительном механизме. Такие подшипниковые щиты в отличие от обычных имеют присоединительный фланец.

Заготовки подшипниковых щитов получают методом литья из чугуна и алюминия (машины малых габаритов) для асинхронных двигателей и стали — для электрических машин постоянного тока.

От жесткости, качества изготовления и точности взаимного расположения поверхностей щита зависит долговечность работы подшипников и некоторые энергетические показатели электрических машин.

В связи с этим к подшипниковым щитам предъявляются определенные требования: замок и отверстие под подшипник должны быть концентричными, т. е. иметь общую ось.

У фланцевых подшипниковых щитов с этими поверхностями должна быть концентрична также присоединительная поверхность (заточка фланца, которой электрическая машина соединяется с исполнительным механизмом).

Отверстие под подшипник обрабатывается с высокой точностью (1—2-й класс) и чистотой поверхности (6—8-й класс), которые назначаются в зависимости от того, с какого класса подшипниками они сопрягаются.

Схемы обработки подшипниковых щитов. Чтобы отверстие под подшипник и замковая поверхность щита были соосны, их обрабатывают с одного установа.

Это важное требование к подшипниковым щитам в данном случае легко выполняется, потому что обе указанные поверхности при обработке на станке имеют общую ось вращения.

Такая схема изготовления подшипниковых щитов является основной и применяется на большинстве заводов.

В практике встречаются случаи токарной обработки подшипниковых щитов по другой схеме, при которой чистовая обработка замка и отверстия под подшипник производится в разные операции. Первоначально обтачивается замок, а затем с базой от него, в другой операции, растачивается отверстие под подшипник.

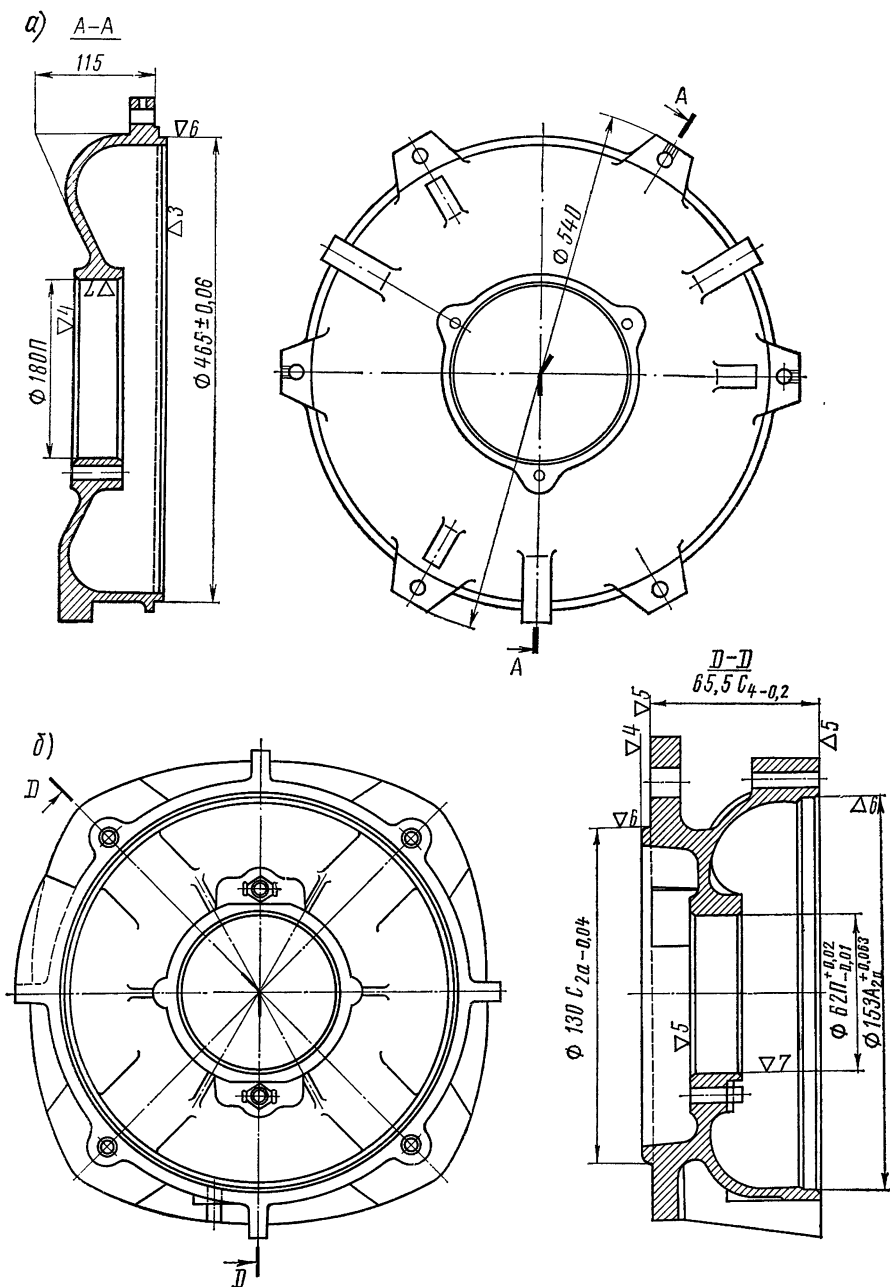


Рис. 3-17. Подшипниковые щиты:

а — электродвигателя единой серии АО2 9-го габарита; б — фланцевый, электродвигателя АОЛ 2-го габарита

Такая схема применяется при обработке подшипниковых щитов нежесткой конструкции, значительно деформирующихся при радиальном направлении усилий закрепления, а также подшипниковых щитов, конструкция которых не позволяет производить обработку за один установ.

Выделение обработки отверстия в особую операцию позволяет получить правильную геометрическую форму отверстия под подшипник благодаря тому, что, приняв за базу обработанную поверхность замка, можно закрепить щит усилием, направленным не радиально, а вдоль оси, которое не будет деформировать щит.

К недостаткам такой схемы обработки следует отнести возможность смещения оси отверстия под подшипник от оси замка за счет неизбежного зазора между базирующими поверхностями щита и приспособления, необходимого для свободной установки детали.

Избежать это смещение можно в том случае, если в этой операции производить только чистовую обработку отверстия плавающим инструментом (развертками), обработав его начерно в первой операции.

Для уменьшения деформации подшипниковых щитов от сил закрепления при обработке их на вертикальных токарных полуавтоматах по первой схеме усилия направляют таким образом, чтобы они не деформировали подшипниковый щит.

Для этой цели в конструкции подшипниковых щитов предусматривают специальные приливы, за которые они закрепляются на станке (см. рис. 3-19).

У фланцевых подшипниковых щитов обработка заточек на противоположных фланцах производится в разные операции.

Обработка подшипниковых щитов на токарно-револьверных станках. На рис. 3-18 показана групповая наладка для обработки на токарно-револьверном станке подшипниковых щитов электродвигателей двух смежных габаритов МТ4 и МТ5. Всего на станке обрабатывается четыре подшипниковых щита, два из них передние (высокие) и два задние (низкие).

Подшипниковые щиты закрепляются специальными сменными кулачками трехкулачкового пневматического патрона. Применяются две разновидности кулачков; одни для низких щитов, другие для высоких.

При переходе к обработке одноименных щитов машин различных габаритов необходимо по гребенке патрона переставить кулачки на требуемый диаметр, а при наладке на обработку, например высоких после низких щитов, требуется заменить кулачки.

Последовательность обработки показана на схеме наладки цифрами 1 ÷ 10. Для задних и передних подшипниковых щитов электродвигателей одного габарита применяется один и тот же инструмент, так как щиты друг от друга отличаются только высотой.

Для полустачевой расточки отверстия под подшипник и развертывания его (позиции 8 и 10) для каждой пары щитов в револьверной головке предусмотрен свой инструмент.

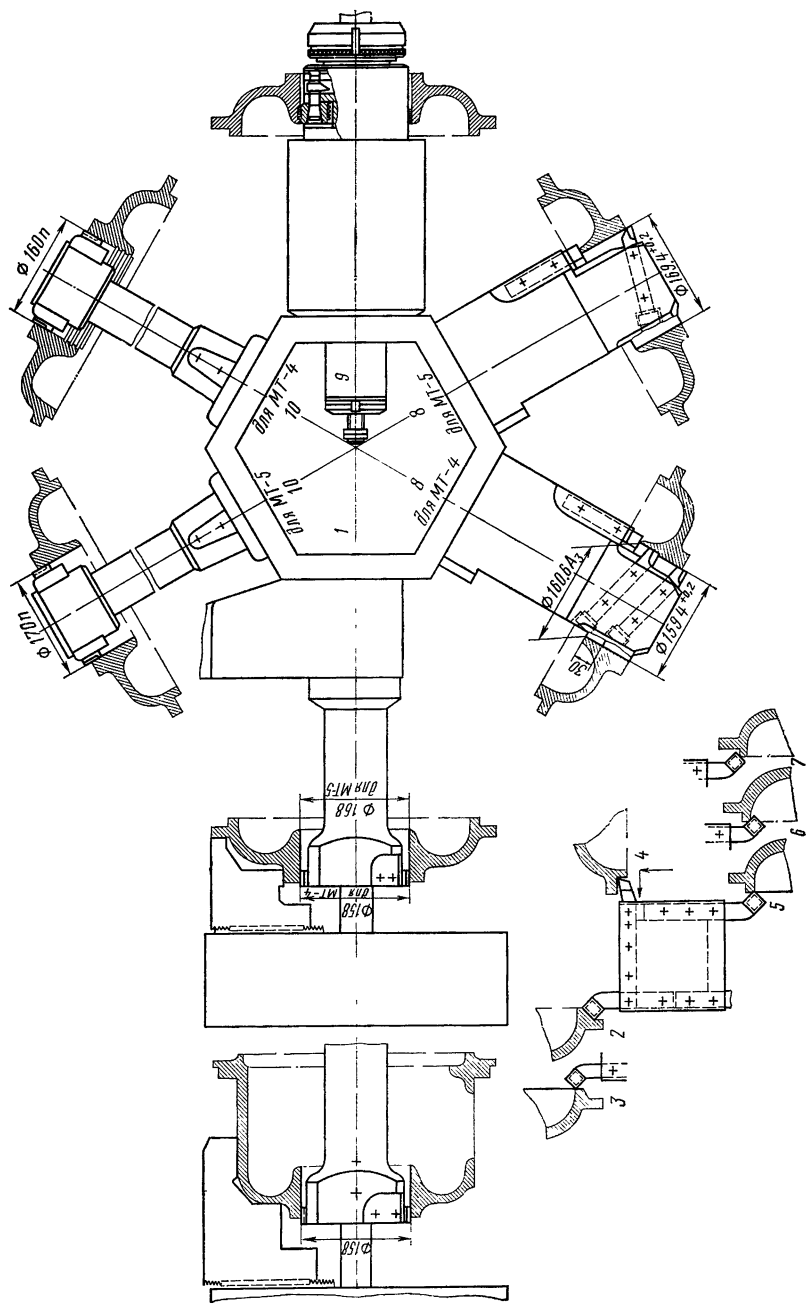


Рис. 3-18. Схема наладки токарно-револьверного станка на грубую обработку подшинниковых щитов

Лабиринтовые канавки растачиваются одним и тем же инструментом (позиция 9) у всех четырех щитов.

В оправке предусмотрено клиновое устройство, посредством которого при продольном перемещении револьверной головки фасонный канавочный резец получает поперечное перемещение.

Позиция I является общей для всех щитов со сменными резцами, которые заменяются при переходе к обработке щитов другого габарита.

Групповая инструментальная наладка позволяет произвести перестройку станка на обработку различных щитов в минимальное время.

Обработка подшипниковых щитов на токарно-револьверных станках в сравнении с обработкой на токарно-винторезных станках является более производительной (в два — три раза) за счет применения инструментальных наладок с несколькими резцами, установленными на размер.

Затраты на изготовление инструментальных наладок, на первоначальную наладку станка и подналадку в процессе работы окупаются за счет повышения производительности труда. При этом экономическая эффективность будет тем больше, чем больше партия обрабатываемых подшипниковых щитов.

Обработка подшипниковых щитов на вертикальных токарных полуавтоматах. В условиях крупносерийного и массового производства производительность токарно-револьверных станков оказывается недостаточной, поэтому для обработки подшипниковых щитов применяют вертикальные шести- и восьмишпиндельные токарные полуавтоматы или агрегатные станки.

На рис. 3-19 показана инструментальная наладка для обработки двух подшипниковых щитов на восьмишпиндельном вертикальном токарном полуавтомате модели 1284Б. Станок состоит из восьмигранной центральной колонны и вращающегося вокруг нее круглого стола.

На столе станка имеется восемь равномерно расположенных по окружности специальных патронов для закрепления обрабатываемых деталей.

На колонне находятся шесть специальных суппортов (по числу рабочих позиций), каждый с двумя инструментальными наладками. Суппорты с наладками перемещаются в заданном направлении независимо друг от друга.

Позиции I и II являются загрузочными; в патрон на I позиции закрепляется высокий подшипниковый щит, а в патрон на II — низкий щит (P — усилие закрепления).

На нечетных позициях обтачиваются высокие, а на четных — низкие подшипниковые щиты.

Последовательность выполнения переходов показана на рис. 3-19.

Изготовление высоких щитов заканчивается на VII, а низких — на VIII позициях, после чего стол станка с закрепленными в патронах щитами возвращается в исходное положение (на I и II позиции),

готовые детали снимаются, а на их место устанавливаются заготовки, подлежащие обработке.

Таким образом, за полный цикл обработки, соответствующий одному обороту стола, со станка снимается две готовые детали.

Токарные вертикальные полуавтоматы по производительности значительно превосходят токарно-револьверные станки благодаря тому, что на них одновременно обрабатывается несколько деталей — по количеству рабочих шпинделей — без затраты времени на установку и снятие детали, так как этот переход выполняется на отдельных загрузочных позициях в процессе работы рабочих шпинделей.

Сверление отверстий и нарезание резьбы. В серийном производстве в подшипниковых щитах отверстия для крепления щитов со станиной и крепления к щиту крышек подшипников и кожухов вентиляторов сверлятся по кондуктору на вертикально-сверлильных станках (щиты небольших габаритов), а в более крупных подшип-

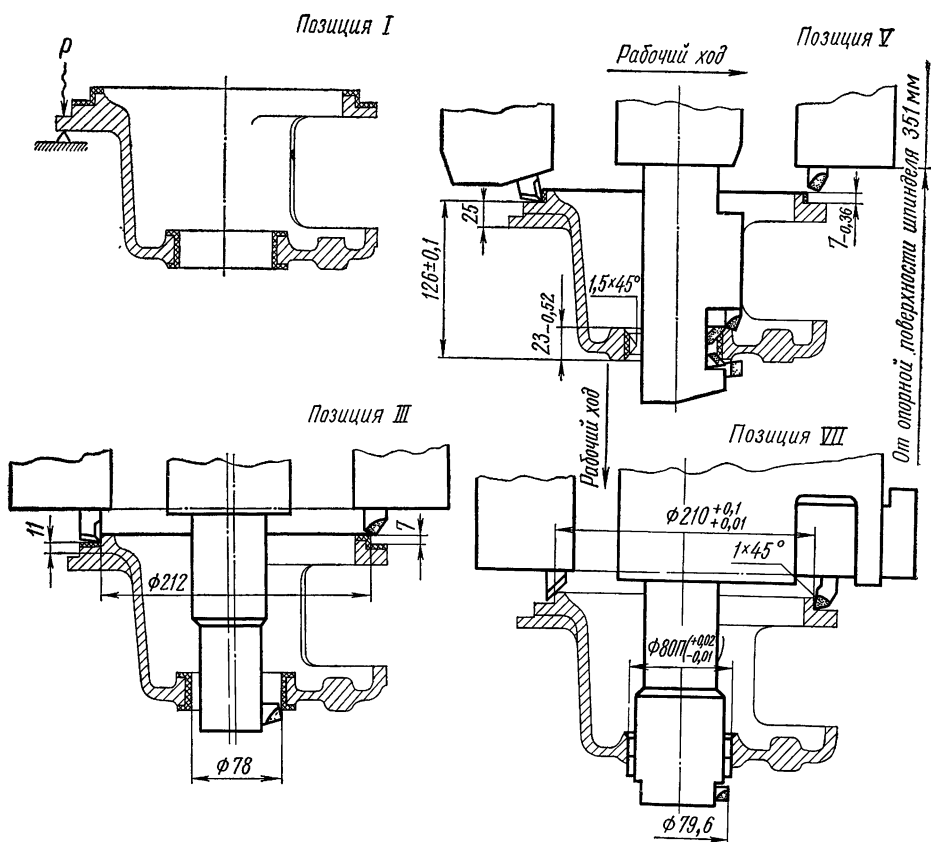


Рис. 3-19. Технологическая схема обработки двух подшипниковых щитов на вертикальном токарном полуавтомате

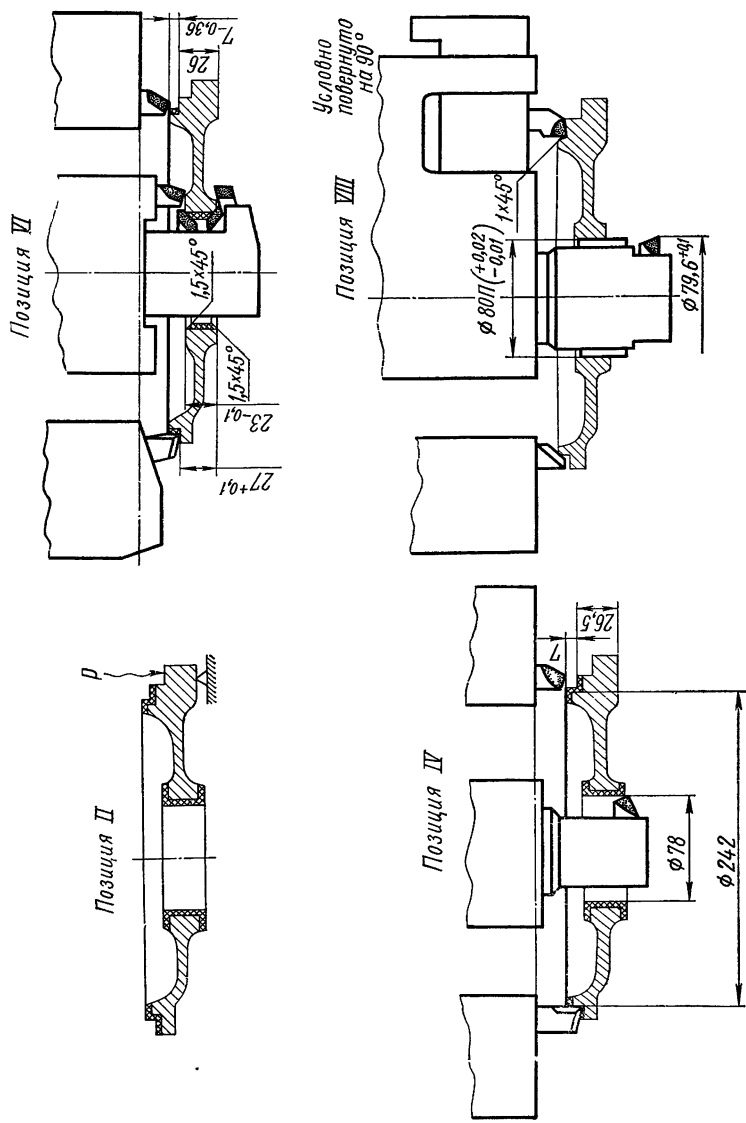


Рис. 3-19. Продолжение

никовых щитах — на радиально-сверлильных станках. На этих же станках нарезается резьба.

В условиях крупносерийного и массового производства отверстия изготавливаются на тех же станках, но с применением многшпindelных сверлильных и резьбонарезных насадок, или на агрегатных станках.

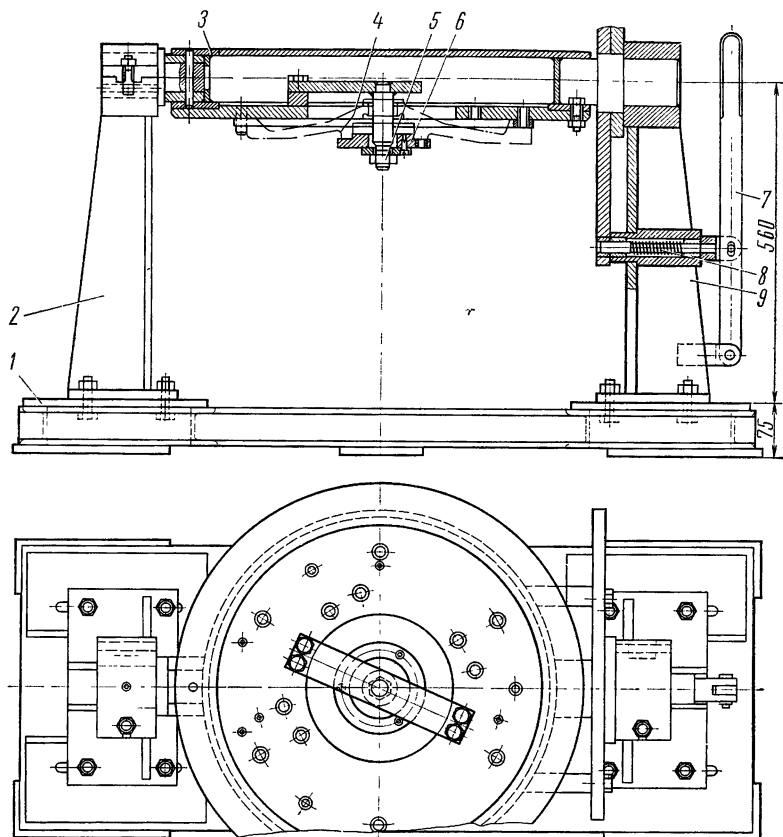


Рис. 3-20. Поворотный кондуктор для сверления отверстий в подшипниковом щите

На рис. 3-20 показан простой поворотный кондуктор для сверления отверстий в подшипниковом щите электродвигателя на радиально-сверлильном станке.

Он состоит из основания 1, левой 2 и правой 9 стоек, поворотной платформы с кондуктором 3. Обрабатываемый щит 4 замковой поверхностью устанавливается на платформу, в отверстие под подшипник вставляется накладной кондуктор 6 и щит закрепляется гайкой 5.

Просверлив три отверстия в ступице, платформу со щитом поворачивают на 180° в положение, показанное на рисунке. В обоих положениях платформа фиксируется пальцем 8, который перед поворотом вытаскивается из втулки платформы рукояткой 7. После сверления остальных отверстий платформа поворачивается в исходное положение, щит снимается и на его место устанавливается новый.

Обработка подшипниковых щитов на агрегатных станках. В большинстве своем на агрегатных станках в подшипниковых щитах производится сверление отверстий и нарезание в них резьбы.

На заводе «Динамо» (Венгерская Народная Республика) на агрегатных станках полностью обрабатывается девять типоразмеров задних и передних подшипниковых щитов асинхронных двигателей мощностью от 0,6 до 10 *квт*. Щиты, обрабатываемые на таком станке, изображены на рис. 3-21, а.

Агрегатный станок (рис. 3-21, б) представляет собой пятипозиционный полуавтомат. На каждой позиции его на круглом поворотном столе имеется двухместное приспособление для закрепления подшипниковых щитов (рис. 3-21, в), а на рабочих позициях на кронштейнах закреплено по две силовых головки. Одна из них предназначена для обработки стороны А, вторая — стороны В подшипникового щита (см. рис. 3-21, а).

Для сверления двух радиальных отверстий и нарезания в них резьбы силовые головки устанавливаются на траверсе станка.

На первой загрузочной позиции для обработки стороны А щит закрепляется изнутри тремя кулачками приспособления.

После обработки на рабочих позициях щит возвращается в исходную позицию, на которой переставляется во вторую часть приспособления для обработки стороны В и снова проходит через рабочие позиции.

Для обработки стороны В щит крепится аксиально, базой при этом служит обработанная поверхность стороны А.

Обрабатываются подшипниковые щиты на станке в следующей последовательности.

Сторона А (см. рис. 3-21, б).

Позиция I — загрузка. Щит закрепляется в разжим за поверхность II (см. рис. 3-21, а).

Позиция 1А — подрезка торцов (поверхности 2 и 5).

Позиция 2А — обточка наружных диаметров (поверхности 1 и 3).

Позиция 3А — сверление отверстий для крепления щита со станиной, крышек и кожуха вентилятора к щиту (поверхности 6, 7, 4 и 14).

Позиция 4А — нарезание резьбы в просверленных отверстиях для крепления наружной крышки и кожуха вентилятора.

Сторона В.

Позиция I — перестановка детали на другую сторону приспособления. База (поверхности 2, 3).

Позиция 1В — черновая расточка замка и отверстия под подшипник (поверхности 9 и 12).

Позиция 2В — подрезка торцов (поверхности 8, 10 и 13).

Позиция *3B* — сверление бокового отверстия для спуска конденсата (поверхность *14*).

Позиция *4B* — чистовая расточка замка и отверстия под подшипник.

На агрегатных станках обрабатываемая деталь остается неподвижной, вращение инструмента и продольная подача осуществляются силовой головкой. Отверстие под подшипник, замок и торцовые поверхности обрабатываются резцами, установленными в паладках силовых головок на размер.

Обработанные поверхности подшипникового щита имеют правильную геометрическую форму как на станке, так и после снятия детали со станка. Это обеспечивается тем, что к опорам приспособления деталь прилегает обработанными поверхностями, усилие закрепления направлено аксиально и щит при этом не испытывает упругих деформаций.

§ 3-5. Обработка деталей коллектора электрических машин постоянного тока

Основными деталями коллектора, подвергающимися механической обработке, являются втулка коллектора и нажимной конус (рис. 3-22). У этих деталей посадочные поверхности (*A* втулки и *B* конуса) должны быть соосны с коническими, расположенными под углом 30° . Угол конуса 30° у обеих деталей должен быть обработан с особой тщательностью. При проверке скобой между поверхностью конуса и поворочным инструментом не должно быть видимого зазора.

В зависимости от размеров деталей и годовой программы выпуска заготовками могут быть круглый цилиндрический прокат, литье или штамповка. Для обеспечения соосности посадочные и конусные поверхности деталей обрабатывают на станке с одного установка.

Обработка втулок. Технологический процесс обработки втулок, имеющих нажимной конус, состоит из пяти операций. В первой из них на токарно-револьверном станке специальной наладкой

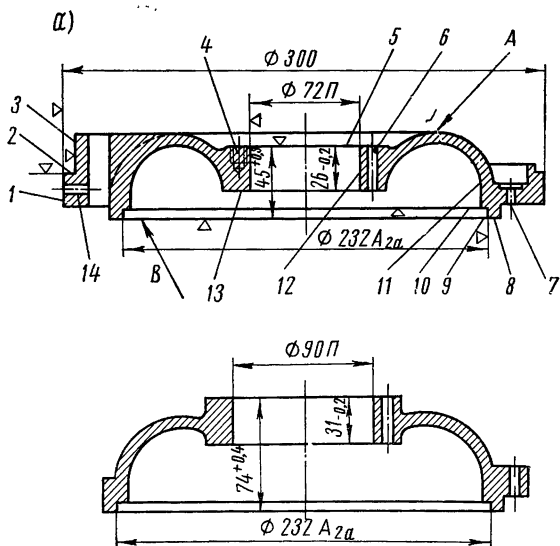
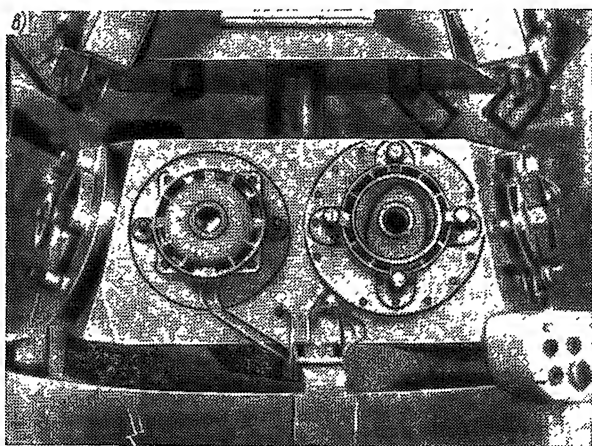
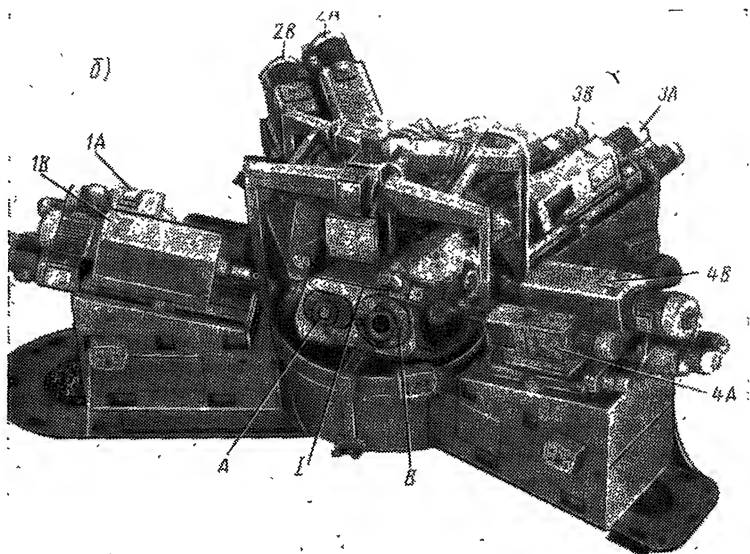


Рис. 3-21. Агрегатный станок СД-3

a — внешний вид станка; *б* — зажимное приспособление справа приспособление с аксиальным зажимом для

у втулки последовательно начерно и начисто растачивается отверстие и обрабатываются поверхности стороны втулки с нажимным конусом.

Базой при обработке служит наружный диаметр и торец втулки. Для получения 2-го класса точности отверстие после черновой обработки развертывается разверткой или протягивается протяжкой (диаметры отверстий до 40—50 мм).



для обработки подшипниковых щитов:

(слева приспособление с радиальным зажимом для обработки стороны А; обработки стороны В); а — щиты, обрабатываемые на станке

С операцией протягивания отверстия совмещается протягивание шпоночной канавки.

Во второй и третьей операциях соответственно начерно и начисто обрабатываются наружные поверхности втулки. Для обработки конусных поверхностей суппорт станка поворачивается на соответствующий угол. Приспособлением служит цанговая оправка (рис. 3-23), на которую обработанным отверстием устанавливается втулка.

Оправка планшайбой 1 навертывается на шпиндель токарного станка. В заточку планшайбы своим выступом с напряженной посадкой входит корпус оправки 3 и скрепляется с ней с помощью шести болтов 9 и двух штифтов 2. Обрабатываемая деталь отверстием надевается на цангу 6.

При вращении валика 8 гайка 7 увлекает цангу вместе с собой. Перемещаясь вдоль конуса оправки, разрезная цанга, увеличиваясь в диаметре, прочно закрепляет обрабатываемую деталь.

Для снятия втулки коллектора после обработки необходимо сделать два—три оборота валика в обратном направлении, при этом цанга переместится вправо и, уменьшившись в диаметре, освободит втулку.

Подшипник 5 служит опорой валику при вращении и упором при закреплении, а пробка 4 — упором при раскреплении детали.

В процессе обработки и после снятия детали со станка конусные поверхности втулки контролируются на просвет специальными угловыми скобами (рис. 3-24).

Последние операции обработки втулок — протягивание шпоночной канавки на протяжном станке и фрезерование резьбы на резьбофрезерном станке.

Обработка нажимных конусов. По конструкции нажимной конус значительно проще втулки коллектора с конусом, поэтому и технологический процесс обработки его короче.

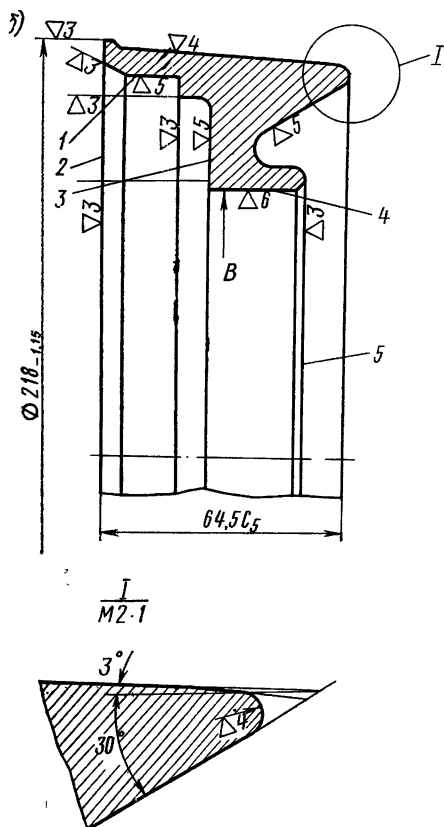


Рис. 3-22. Продолжение

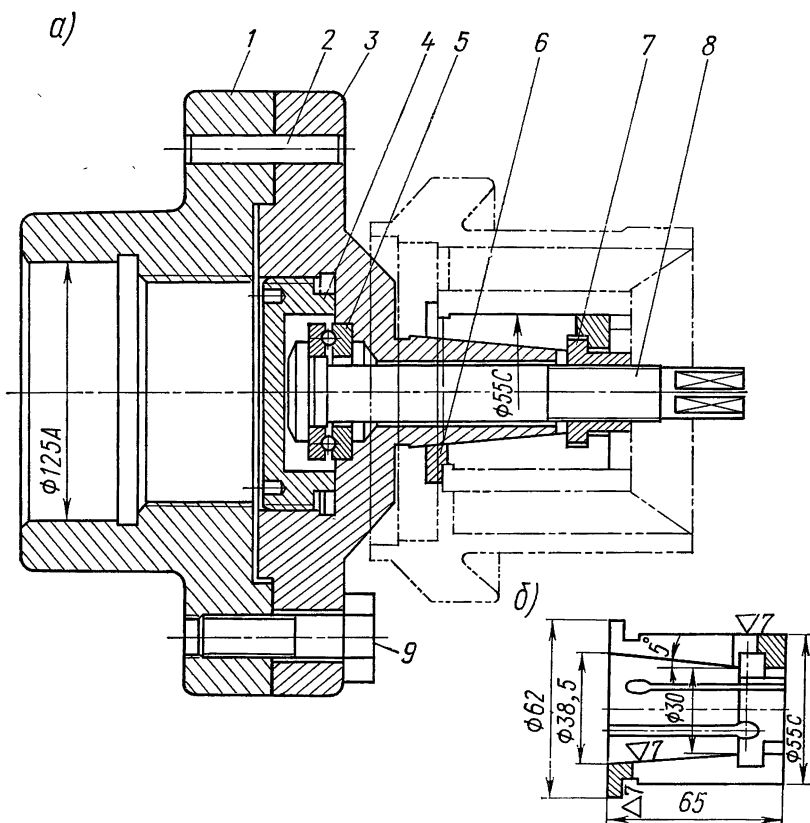


Рис. 3-23. Оправка для обработки втулок коллектора:
а — оправка; б — цанга

В первой операции, закрепив деталь за наружный конус в трех- кулачковый патрон токарного станка, подрезают торцы втулки 2, 3 и растачивается выточка 1 (см. рис. 3-22, б).

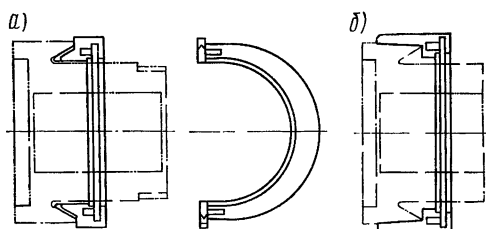


Рис. 3-24. Скобы для проверки углов
(а) 30° и (б) 3°

Во второй операции (чер-новой) и третьей (чистой) обтачиваются конусные по- верхности 30° и 3°, подре- зается торец 5 и растачи- вается отверстие 4. Для про- верки конусных поверх- ностей пользуются теми же скобами, что и при обра- ботке втулки.

§ 3-6. Определение экономической эффективности выбранного варианта механической обработки

Общие положения. При разработке технологического процесса изготовления деталей и узлов электрической машины учитывается экономическая эффективность процесса и для внедрения в производство рекомендуется тот вариант, который дает наибольшую эффективность. При усовершенствовании действующих технологических процессов технолог также должен оценивать экономическую эффективность нового варианта обработки.

Основными показателями оценки экономической эффективности внедрения новой технологии являются:

- а) капитальные вложения;
- б) себестоимость продукции;
- в) сроки окупаемости капитальных вложений и коэффициент эффективности;
- г) производительность труда (выработка продукции на одного работающего).

Для того чтобы получить ответ об эффективности того или иного технологического процесса, необходимо сравнить его с базовым

При усовершенствовании технологических процессов за базу для сравнения принимается процесс, действующий в конкретных условиях.

При разработке новых технологических процессов, для того чтобы оценить насколько они прогрессивны, за базу для сравнения следует принимать лучшие процессы, внедренные на отечественных и зарубежных предприятиях. Наиболее эффективным является тот процесс, внедрение которого требует наименьших капитальных затрат и обеспечивает при этом наименьшую себестоимость.

Определение величины капитальных вложений. Капитальные вложения — стоимость основных фондов, и определяются они для базового и внедряемого вариантов.

При внедрении новых и совершенствовании существующих технологических процессов капитальные вложения — это затраты на приобретение оборудования и изготовление оснастки. Для базового варианта принимается балансовая стоимость (по данным бухгалтерии) оборудования и оснастки, а для внедряемого варианта — по калькуляции затрат.

Капитальные вложения по обоим вариантам исчисляются исходя из годового выпуска продукции по внедряемому варианту.

Таким образом, если предусматривается увеличение выпуска продукции в результате внедрения новой технологии, к величине имеющихся капитальных вложений базового варианта добавляют сумму капитальных вложений, которую необходимо затратить на пополнение основных фондов для обеспечения возросшего выпуска продукции при существующих условиях работы.

Для расчета экономической эффективности необходимо в конечном итоге определить *дополнительные капитальные вложения*,

представляющие собой разность капитальных вложений по сравниваемым вариантам, исчисленным исходя из годового выпуска продукции по внедряемому варианту.

Определение себестоимости продукции внедряемого варианта. Изменение себестоимости изготовления деталей (узлов) в результате внедрения нового технологического процесса определяется сравнением себестоимости единицы продукции по базовому и внедряемому вариантам.

Полная себестоимость продукции, включающая все статьи, определяется в том случае, если новые технологические процессы внедряются в масштабе целого цеха. На промежуточных операциях и работах, когда внедрение нового технологического процесса, оборудования, оснастки отражается не на всех статьях затрат, а лишь на некоторых из них, следует определять величину изменения себестоимости только по тем статьям, которые изменяются в сравниваемых вариантах.

При определении экономии производственной заработной платы трудоемкость по предлагаемому варианту должна быть сопоставлена с фактической трудоемкостью по действующему технологическому процессу. Производственная заработная плата определяется на основе тарифных ставок с учетом премий сдельщиков и дополнительной заработной платы.

На участках с повременной оплатой труда экономия заработной платы определяется исходя из разницы фондов заработной платы основных и вспомогательных рабочих участка базового и внедряемого вариантов.

Изменение затрат по накладным расходам определяется только прямым расчетом по отдельным статьям сравниваемых вариантов.

Если вследствие внедрения нового варианта обработки достигается рост объема производства, то определяется относительная экономия условно-постоянной части накладных расходов по формуле

$$\partial_0 = H_y \frac{B_2 - B_1}{B_1} = H_y \cdot k_b,$$

где H_y — годовая сумма условно-постоянной части накладных расходов (в руб.);

B_2 — объем производства по внедряемому варианту (в натуральных единицах). Принимается по государственному плану второго года после внедрения мероприятия;

B_1 — объем действующего производства (в натуральных единицах);

$k_b = \frac{B_2 - B_1}{B_1}$ — коэффициент прироста выпуска.

При определении изменения себестоимости продукции в результате внедрения мероприятия следует учитывать изменение затрат также и на смежных участках (например, экономию на участке механической обработки при уменьшении припусков у заготовки).

Ниже приводятся формулы и некоторые данные для расчета тех статей себестоимости, которые чаще всего подвергаются изменению в результате внедрения передовых технологических процессов.

1. Заработная плата основных рабочих с начислениями:

$$C_{o.p} = \frac{t_{шт} B}{60} C_{ч.с} k_n k_{д.з},$$

где B — объем производства, в натуральных единицах;

$C_{ч.с}$ — часовая ставка рабочего соответствующего разряда, руб./ч;

k_n — коэффициент, учитывающий отчисления в фонд соцстраха;

$k_{д.з}$ — коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату основных рабочих.

2. Амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования. Годовые амортизационных отчислений берутся в процентах от стоимости оборудования. Их норма установлена общесоюзными нормативами, утвержденными Госпланом СССР.

3. Затраты на ремонт оборудования охватывают все виды затрат на ремонт оборудования, предусмотренного системой ППР (планово-предупредительного ремонта). Величина затрат устанавливается в процентах от стоимости оборудования с учетом группы ремонтной сложности основной части оборудования.

4. Затраты на силовую электроэнергию, расходуемую при обработке на данной операции годового объема деталей, руб.

$$C_э = N_y \frac{1}{\eta_d} k_m k_v C_{кет.ч} F_d k_э,$$

где N_y — установленная мощность электродвигателей, $кет$;

η_d — средний коэффициент полезного действия двигателей;

k_m — коэффициент использования мощности электродвигателей;

k_v — коэффициент использования двигателей по времени;

$C_{кет.ч}$ — стоимость одного $кет \cdot ч$, руб;

F_d — действительный фонд времени работы оборудования;

$k_э$ — средний коэффициент загрузки оборудования изготовлением детали на данной операции.

Коэффициент использования мощности электродвигателей учитывает фактический расход мощности, затрачиваемой на полезную и холостую работу оборудования. Он равен отношению затрачиваемой мощности к мощности электродвигателя и определяется расчетом при установлении режимов резания или определяется опытным путем.

Величина коэффициента использования мощности электродвигателя колеблется в зависимости от типоразмера и характера выполняемой на нем работы.

Коэффициент использования электродвигателя по времени зависит от типа производства, типоразмера оборудования, характера выполняемой работы и уровня технологии. Приближенно он может быть определен из отношения машинного времени к штучному.

5. Затраты по оснастке ($C_{осн}$), приходящиеся на операцию, включают в себя расходы на амортизацию, ремонт и восстановление, а также на заточку режущего инструмента и штампов.

Затраты по оснастке могут определяться исходя из ее стоимости и срока службы или на основе приближенных норм стоимости эксплуатации оснастки на один станко-час работы оборудования.

Определение сроков окупаемости и коэффициентов сравнительной экономической эффективности. Срок окупаемости $T_{ок}$ и коэффициент сравнительной экономической эффективности E дополнительных капитальных вложений на внедрение новой техники определяются по формулам:]

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2};$$

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1} = \frac{1}{T_{ок}}.$$

где K_1 и K_2 — капитальные вложения по базовому и внедряемому вариантам, руб.;

C_1 и C_2 — себестоимость годовой продукции по базовому и внедряемому вариантам, руб.;

Полученные в результате расчета $T_{ок}$ и E сравниваются с нормативными.

Для машиностроения временно установлены: нормативный срок окупаемости T_n , равный от 3 до 5 лет, а нормативный коэффициент эффективности E_n — от 0,33 до 0,2.

Экономически эффективным будет мероприятие со сроками окупаемости не более нормативных.

Сумма годового экономического эффекта, или годовая экономия в рублях

$$\mathcal{E} = (C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2).$$

Расчет экономической эффективности обработки подшипниковых щитов на вертикальных многошпиндельных токарных полуавтоматах (постановка задачи и исходные данные). Токарная обработка подшипниковых щитов электродвигателей серии МТ 3-4-го габаритов в цехе производится на пяти токарно-револьверных станках модели 1П365, оснащенных специальными наладками.

Для совершенствования технологии подшипниковые щиты предполагается обрабатывать на вертикальных многошпиндельных токарных полуавтоматах модели 1285Б.

При расчетах за базовый вариант принимается обработка щитов на токарно-револьверных станках, за внедряемый — обработка на полуавтомате. Основные исходные данные для расчета по вариантам капитальных вложений и себестоимости детали приведены в табл. 1.

Расчет необходимого количества оборудования. Расчет необходимого количества оборудования производится только по внедряемому варианту, а по базовому варианту берется действующее в цехе

**Исходные данные
для расчета по вариантам капитальных вложений
и себестоимости детали**

Показатели	Единица измерения	Условные обозначения	Базовый вариант	Внедряемый вариант
Годовой выпуск продукции	шт.	B	85 000	85 000
Действительный годовой фонд времени работы оборудования в две смены	ч/год	$F_{\text{д}}$	3950	3950
Штучное время	мин	$t_{\text{шт}}$	13,7	4,8
Разряд работы	—	—	3	5
Часовая ставка	руб.	$C_{\text{ч.с.}}$	0,41	0,55
Количество рабочих, обслуживающих единицу оборудования	—	—	1	1
Балансовая стоимость единицы оборудования	руб.	—	5965	15020
Установленная мощность электродвигателей	квт	$N_{\text{у}}$	70	40
Коэффициент полезного действия электродвигателей	—	$\eta_{\text{д}}$	0,95	0,95
Коэффициент использования мощности электродвигателя	—	$k_{\text{м}}$	0,7	0,9
Коэффициент использования двигателя по времени	—	$k_{\text{в}}$	0,6	0,7
Стоимость одного киловатт-часа	—	$C_{\text{квт.ч}}$	0,017	[0,017
Коэффициент, учитывающий отчисления в соцстрах	—	$k_{\text{н}}$	1,066	1,066
Коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату основных рабочих	—	$k_{\text{д.з}}$	1,19	1,19

оборудование, на котором обрабатываются подшипниковые щиты. Количество потребного оборудования определяется расчетом:

$$O_{\text{р}} = \frac{t_{\text{шт}} B}{F_{\text{д}} \cdot 60} = \frac{4,8 \cdot 85\,000}{3950 \cdot 60} = 1,7 \text{ станка,}$$

где $O_{\text{р}}$ — расчетное количество станков.

Принятое количество станков

$$O_{\text{п}} = 2.$$

Отсюда определяем коэффициент загрузки оборудования:

$$k_{\text{з}} = \frac{O_{\text{р}}}{O_{\text{п}}} = \frac{1,7}{2} = 0,85.$$

Расчет капитальных вложений по вариантам. Необходимые капиталовложения по вариантам определяются из вложений в оборудование и оснастку.

Оборудование, имеющееся в цехе, оценивается по его балансовой стоимости. Стоимость вновь приобретаемого оборудования определяется по прейскурантам плюс транспортно-заготовительные расходы и расходы на монтажные работы. Стоимость оснастки опреде-

ляется по заводским данным. Величины необходимых капитальных вложений в оборудование и оснастку приведены в табл. 2.

Высвобождаемые токарно-револьверные станки предполагается использовать для обработки других деталей.

Таблица 2

Суммарная величина капитальных вложений

Элементы капитальных вложений	Сумма капитальных вложений, руб.	
	базовый вариант	внедряемый вариант
В станки	29 825	30 040
В оснастку	1 900	2 650

Всего 31 725 32 690

Дополнительные капитальные вложения: 32 690 — 31 725 = 965 руб.

Таблица 3

Расчет технологической себестоимости операции

Наименование затрат	Базовый вариант	Внедряемый вариант	Изменение (уменьшение «—», увеличение «+»)
Заработная плата основных рабочих (с начислениями), руб: на станках 1П-365 $C_{о.р.} = \frac{t_{шт}}{60} B \cdot C_{ч.с.} \cdot k_n k_{д.з} = \frac{13,7}{60} 85000 \times$ $\times 0,41 \cdot 1,066 \cdot 1,19 = 10126$ на станках 1285Б $C_{о.р.} = \frac{48}{60} 85000 \cdot 0,55 \cdot 1,066 \cdot 1,19 = 4760$	10126	4760	—5366
Амортизационные отчисления (8,9%), руб. Затраты на ремонт оборудования (4,5%), руб. Затраты на силовую электроэнергию, руб: на станках 1П-365 $C_a = N_y \frac{1}{\eta_d} k_m \cdot k_b \cdot C_{квт.ч} \cdot F_d \cdot k_z =$ $= 70 \frac{1}{0,95} 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,017 \cdot 3950 \cdot 0,85 = 2100$ на станках 1285Б $C_a = 40 \frac{1}{0,95} 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,017 \cdot 3950 \cdot 0,85 = 1530$	2654 1342 2100	2673,56 1351,8 1530	+19,56 +9,8 —570
Затраты по оснастке	950	1325	+375
Суммарная величина технологической себестоимости C_1 и C_2	17172	11640,36	—5531,64

Расчет технологической себестоимости операции по вариантам.
При расчете технологической себестоимости операции определяются затраты только по изменяемым статьям калькуляции.

В результате перевода обработки подшипниковых щитов на токарные многошпиндельные вертикальные полуавтоматы изменяются следующие основные элементы текущих затрат:

- 1) заработная плата производственных рабочих с начислениями;
- 2) амортизационные отчисления;
- 3) содержание и ремонт оборудования;
- 4) на силовую электроэнергию;
- 5) на износ оснастки.

Расчет себестоимости проведен в табл. 3.

В результате перевода обработки подшипниковых щитов на новое оборудование уменьшаются затраты по зарплате основных производственных рабочих вследствие роста производительности труда.

Расчет экономической эффективности приведен в табл. 4.

Таблица 4

Расчет экономической эффективности

Показатели	Базовый вариант	Внедряемый вариант	Изменение (уменьшение «-», увеличение «+»)
Капитальные вложения (K_1 и K_2), руб.	31725	32690	+965
Текущие затраты (C_1 и C_2), руб.	17172	11640,36	-5531,64
Нормативный коэффициент экономической эффективности E_n	0,33	0,33	
Сумма приведенных затрат ($C + E_n K$)	27641,25	22428,06	-5213,19
Сумма годового экономического эффекта $\mathcal{E} = (C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2) = 27641,25 - 22428,06 = 5213,19$ руб.			

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} = \frac{32690 - 31725}{17172 - 11640,36} = 0,17 \text{ года.}$$

Он показывает экономическую эффективность перевода обработки подшипниковых щитов с токарно-револьверных станков на токарные многошпиндельные вертикальные полуавтоматы.

§ 4-1. Характеристика электротехнической стали

Согласно ГОСТ 802—58 тонколистовая электротехническая сталь металлургическими предприятиями изготавливается следующих марок:

Э11, Э12, Э13;

Э21, Э22;

Э31, Э32;

Э41, Э42, Э43, Э43А, Э44, Э45, Э46, Э47, Э48;

Э310, Э320, Э330, Э330А, Э340, Э370, Э380;

Э1100, Э1200, Э1300, Э3100, Э3200.

Буквы и цифры в марках электротехнической стали обозначают: Э — электротехническая сталь; первая цифра — степень легирования кремнием: до 3,3% в среднелегированной и до 5% в высоколегированной. С увеличением кремния сталь становится более хрупкой, при штамповке больше изнашиваются рабочие части штампа. Вторая цифра — гарантированные электрические и механические свойства. Третья цифра — сталь холоднокатаная текстурованная. Четвертая — сталь холоднокатаная малотекстурованная.

Согласно стандарту электротехническая сталь может быть горячекатаной и холоднокатаной, нормального проката и проката повышенной точности (в конце марки ставится дополнительная буква П).

Наибольший допуск по толщине $\pm 0,05$ мм имеет горячекатаная сталь нормального проката. У проката повышенной точности этот допуск равен $\pm 0,04$ мм.

Холоднокатаная сталь в обоих видах проката изготавливается по толщине более точно, чем соответственно горячекатаная. Кроме того, она имеет меньшую «разнотолщинность» одного листа и более высокую чистоту поверхности.

§ 4-2. Раскрой листов

Металлургические заводы тонколистовую сталь поставляют в листах, размеры которых стандартизованы соответствующими ГОСТами. Например, по ГОСТ 802—58 электротехническая сталь толщиной 0,5 мм марок Э11, Э12, Э13, Э21, Э22 выпускается в листах следующих размеров (ширина $\times$ длина в мм): 600×1200 ; 670×1340 ; 750×1500 ; 860×1720 ; 1000×2000 .

Стандартизованы также припуски на штамповку, наружные диаметры статоров и якорей (табл. 5), которые должны быть приняты конструктором при разработке чертежей новых электрических машин (предпочтение отдается выделенным цифрам).

Для штамповки деталей на прессах листы стали должны быть разрезаны на полосы соответствующих размеров.

Резка листов на полосы производится на основании карт раскроя. На рис. 4-1 показаны карты раскроя листов сердечников.

**Шкала наружных диаметров статоров и припуски на штамповку
(из нормали ОА.А.614.004-59)**

Диаметр статора, мм	Припуск на штамповку, мм (на обе стороны)	Диаметр статора, мм	Припуск на штамповку, мм	Диаметр статора, мм	Припуск на штамповку, мм
42	4	120	5	458	7
49	4	135	5	493	7
56	4	155	5	590	10
63	4	182	5	660	10
70	4	210	5	740	10
76	4	245	5	850	10
84	4	294	6	990	10
92	4	344	6		
102	5	393	7		

При составлении карт раскроя исходят из возможности наиболее полного использования листа. Наилучшим вариантом раскроя является тот, при котором лист раскраивается на полосы без остатка.

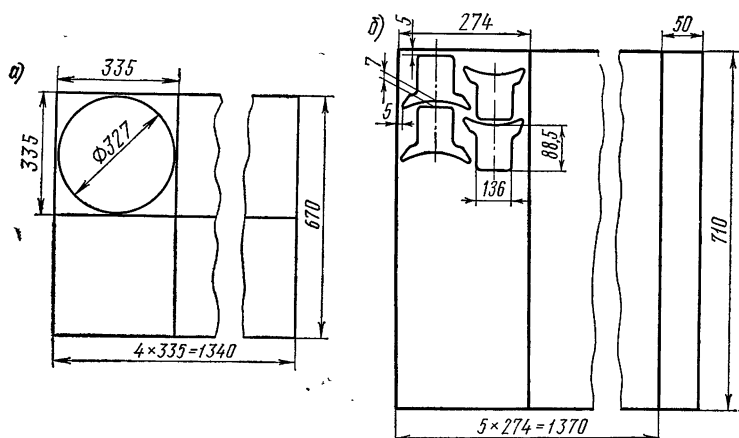


Рис. 4-1. Карты раскроя:
а — статора; б — главного полюса

Наиболее полное использование металла имеет важное народно-хозяйственное значение. Один килограмм электротехнической стали марки Э13 толщиной 0,5 мм в зависимости от размеров листа стоит от 21 до 28 коп.

О степени использования листа судят по коэффициенту использования. Коэффициент использования листа ($k_{\text{и}}$) — отношение общей площади вырубленных деталей к площади листа:

$$k_{\text{и}} = \frac{FN}{ab},$$

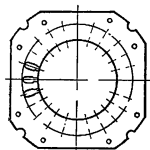
где F — площадь детали, мм^2 . При определении площади листа якоря (статора) принимается площадь круга с диаметром, равным наружному диаметру листа $\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)$;

N — число деталей, вырубленных из листа;

a — ширина листа, мм ;

b — длина листа, мм ;

Пример. Требуется определить коэффициент использования листа при вырубке из него листа статора диаметром 327 мм . По карте раскроя (рис. 4-1, а) находим, что из листа размером 670×1340 мм вырубается восемь кружков, тогда



$$k_u = \frac{\frac{3,14 \cdot 327^2}{4} \cdot 8}{670 \cdot 1340} = 0,75.$$

Рис. 4-2. Квадратная форма листа статора

Коэффициент использования листа электротехнической стали может быть увеличен за счет:

1) вырубки деталей в шахматном порядке (см. рис. 4-19, а). Такая схема штамповки применяется при вырубке листов сердечников электродвигателей небольших габаритов на прессах автоматах (см. § 4—11);

2) изменения формы листов статора с круглой на квадратную (рис. 4-2);

3) использования выштамповок от осевого отверстия для листов сердечников меньших электродвигателей.

§ 4-3. Усилие резания при вырубке и пробивке

В процессе резания металла штампами (при вырубке и пробивке) характер деформации тот же, что и при срезе, и состоит из трех стадий [12]:

1) стадии упругих деформаций, когда напряжение в металле не превосходит предела упругости (рис. 4-3, а);

2) стадии пластических деформаций, при которой происходит сильный изгиб и растяжение волокон штампуемого металла (рис. 4-3, б);

3) стадии скалывания, в течение которой образуются микро- и макротрещины, возникающие вначале у режущих кромок матриц и пуансона, затем распространяющиеся на внутренние слои металла по поверхности скольжения и в конечном итоге вызывающие отделение вырубаемой детали (рис. 4-3, в).

Размер вырубаемого отверстия определяется размером пуансона, а размеры вырубленной детали — размерами матрицы.

Поверхности, по которым произошел срез металла, имеют криволинейную форму. Характер поверхности зависит от относительной величины зазора и механических свойств материала.

При вырубке и пробивке затрачивается значительное усилие, величина которого зависит от длины среза, толщины и механических

свойств металла, величины зазора и состояния режущих кромок штампа.

Расчет усилия резания штампами с параллельными режущими кромками производится по формуле

$$P = \frac{L s \sigma_{\text{ср}}}{1000}.$$

Для круглых деталей усилие резания

$$P = \frac{\pi d s \sigma_{\text{ср}}}{1000}.$$

Требуемое усилие прессы $P_{\text{пр}}$ для штамповки деталей бывает до 30% больше расчетного усилия вырубки из-за неравномерной толщины материала и затупления режущих кромок штампа. При расчете $P_{\text{пр}}$ это учитывается коэффициентом 1,3. Кроме того, в случае применения пружинного, резинового или пневматического съемника, выталкивателя к расчетному усилию прибавляется усилие на их сжатие.

Таким образом,

$$P_{\text{пр}} = \frac{1,3 L s \sigma_{\text{ср}}}{1000} + Q_{\text{б}},$$

при вырубки круглых деталей

$$P_{\text{пр}} = \frac{1,3 \pi d s \sigma_{\text{ср}}}{1000} + Q_{\text{б}},$$

где P и $P_{\text{пр}}$ — соответственно усилие резания и усилие прессы, *кн*;

L — периметр вырубки, *мм*;

d — диаметр вырубаемой (пробиваемой) детали, *мм*;

s — толщина листа, *мм*;

$\sigma_{\text{ср}}$ — сопротивление срезу, *Мн/м²*;

$Q_{\text{б}}$ — усилие сжатия, *кн*.

Если принять $\sigma_{\text{ср}}$ в *кг/мм²*, то усилие P получим в тоннах. Величина силы сжатия в штампе принимается в зависимости от усилия, необходимого для снятия полосы с пуансона, которое в свою очередь зависит от толщины пробиваемого (вырубаемого) материала и схемы штамповки. Чем толще материал, тем усилие больше.

Наибольшее усилие для снятия полосы с пуансона при вырубке (пробивке) равно (в % от P):

Однопуансонный штамп	10
Последовательный штамп	15
Многопуансонный штамп	20

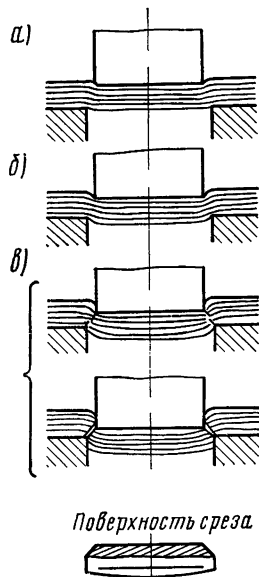


Рис. 4-3. Стадии процессов резания металла штампами

Значение $\sigma_{ср}$ приводится в справочниках по штамповке.

Знание величин усилий при штамповке необходимо для расчета деталей штампа на прочность и выбора прессы с усилием, обеспечивающим штамповку данной детали.

Усилие прессы, указанное в его паспорте, должно быть равно или больше расчетного $P_{пр}$, в противном случае поломка прессы неизбежна.

§ 4-4. Типы штампов

Для получения деталей методом штамповки применяют штампы различной конструкции. Наибольшее распространение при изготовлении электрических машин имеют штампы:

- вырубные — для получения деталей из полосы или листа;
- пробивные — для пробивки в детали отверстий различной конфигурации;
- гибочные — для превращения плоской заготовки в изогнутую деталь.

По характеру выполнения операций штампы разделяются на простые и комбинированные.

Простыми штампами выполняется одна штамповочная операция, например вырубка кружка, пробивка отверстия.

Комбинированными штампами выполняют две или несколько технологически различные операции.

Комбинированные штампы по способу совмещения операций во времени разделяются на штампы:

- 1) совмещенного действия, в которых изготовление детали производится за один ход прессы сконцентрированными расположенными пуансонами при неизменном положении заготовки;
- 2) последовательного действия, в которых детали изготавливаются за несколько переходов под различными пуансонами при последовательном перемещении заготовки.

Для изготовления листов сердечников чаще применяются следующие штампы.

Простые пробивные штампы. К ним относятся штампы для пробивки осевого отверстия под вал электродвигателя и пазовый (рис. 4-4). Эти штампы самые простые по конструкции и дешевы в изготовлении.

Комбинированные (компаундные) штампы совмещенного действия. Такими штампами за один двойной ход прессы выполняют несколько штамповочных операций. Например, при изготовлении листов якоря или ротора пробивают отверстия под вал, вентиляционные отверстия и пазы, вырубая наружный контур.

Комбинированные совмещенные штампы для листов сердечников являются наиболее дорогими и трудоемкими. Изготовление их поручается высококвалифицированным слесарям-инструментальщикам. Но комбинированные штампы являются более производительными, чем пазовые. Кроме того, они обеспечивают высокую точность штампуе-

мых деталей. Листы сердечников, изготовленные комбинированным штампом, имеют практически одинаковые размеры. Размеры пазов и расстояние между отдельными пазами могут отличаться в пределах допуска на изготовление.

Комбинированный совмещенный штамп (рис. 4-5) состоит из двух частей: верхней с пуансонами и нижней с матрицами.

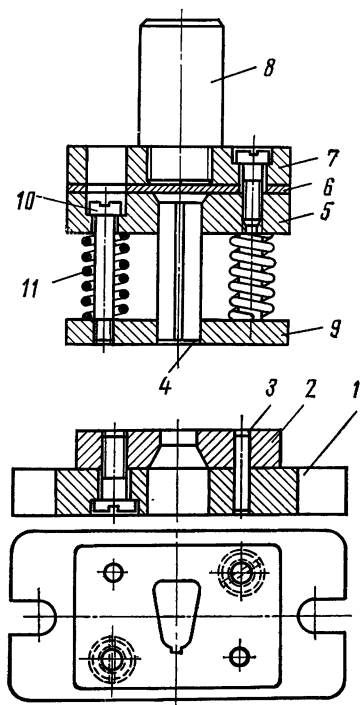


Рис. 4-4. Пазовый штамп для пробивки пазов в листе статора:

1 — нижняя плита; 2 — матрица; 3 — штифт; 4 — пуансон; 5 — пуансонодержатель; 6 — прокладка; 7 — верхняя плита; 8 — хвостовик; 9 — съемник; 10 — винт; 11 — пружина съемника

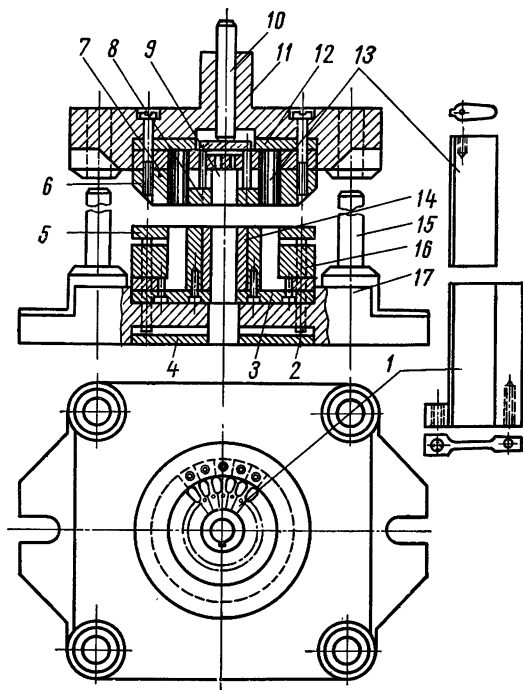


Рис. 4-5. Комбинированный совмещенный штамп для листов якоря

У штампа две матрицы, одна состоит из отдельных секторов 1 и предназначена для вырубki пазов, вторая 14 имеет форму втулки и служит для пробивки отверстия под вал.

Матрицы скреплены винтами с закаленным диском 3, врезанным в нижнюю плиту 17.

Секторы 1 матрицы скреплены в единое целое напрессованным на них кольцом 16.

Пазы пробиваются пуансонами 13, а отверстия под вал — пуансоном 9. Пуансоны закреплены в пуансондержателе 7. По наруж-

ному диаметру лист якоря вырубается обечным кольцом 6, служащим матрицей, а пуансоном является комплект секторов.

Усилие при штамповке воспринимается закаленной пластиной 12.

Верхняя часть штампа крепится к ползуну прессы за хвостовик 11. Для устранения сдвига верхней части штампа относительно нижней служат четыре колонки 15, которые входят в отверстия верхней плиты штампа.

Для уменьшения зазора между колонками и отверстиями в плите колонки снабжают шариковыми направляющими, представляющими собой тонкостенную трубку-сепаратор, в которую вставлены шарики. Подбором диаметров шариков можно зазор выбрать почти до нуля.

Если не предусмотреть специальные устройства для съема, то лист якоря после удара ползуна застрянет на пуансонах, а полоса — на матрице.

Съем листа якоря с пуансонов производится сбрасывателем 8, приводимым в движение стержнем 10, который ударяется в неподвижный упор в конце хода ползуна.

Съем полосы с матрицы производится за счет усилий резинового буфера, которые передаются съемнику 5 через шайбу 4 и шпильки 2.

Буфер находится между нижней плитой штампа и столом прессы и на чертеже не показан.

Комбинированные штампы последовательного действия. Готовая деталь при штамповке комбинированными штампами последовательного действия (см. рис. 4-18) получается за несколько переходов, выполняемых последовательно по мере продвижения полосы на величину, называемую *шагом*. В связи с этим указанные штампы часто называют *шаговыми*.

Комбинированные штампы последовательного действия находят широкое применение в массовом производстве при штамповке листов сердечников на пресс-автоматах. Указанные штампы имеют следующие преимущества перед совмещенными комбинированными штампами:

1) более высокую производительность. Благодаря штамповке «напровал» перемещение полосы, удаление отходов и готовых деталей осуществляются автоматически. Пресс-автоматы при этом могут работать с большим числом ходов в минуту;

2) более простую конструкцию штампов, что делает их менее трудоемкими в изготовлении. Блочность конструкции создает удобства для заточки штампов и замены отдельных износившихся деталей штампа.

Последовательные штампы имеют несколько меньшую точность изготовления листов сердечников за счет погрешностей перемещения полосы при штамповке. Однако при высоком качестве изготовления штампов эта погрешность не оказывает существенного влияния на качество поверхности пазов в собранном сердечнике.

Рассмотрим принцип действия комбинированного штампа последовательного действия на примере работы штампа для изготовления шайбы (рис. 4-6, а).

В штампе совмещены две операции: пробивка отверстия и выруб-ка наружного контура.

Вырубка шайбы в штампе производится в следующей последова-тельности.

Полоса, из которой штампуется шайба, с небольшим зазором вво-дится в паз *Б* съемника 4 и подается до упора в точку *А*. При вклю-чении ползуна первым ударом пуансон 2 пробивает в полосе отверстие диаметром 10 мм, а боковые ножи 3 отсекают от кро-мок узкие полоски длиной *а*, называемой шагом штамповки (рис. 4-6, б, положе-ние 1).

После первого удара полоса подается вперед на величину шага до упора среза-ми в точки *А*. На второй позиции при втором ударе ползуна пуансон 1 вырубает наружный контур с диаметром 25 мм, и готовая шайба проваливается через от-верстия матрицы и плиты штампа на стол прессы, а на первой позиции пуансон 2 и ножи 3 подготавливают вырубку после-дующей шайбы (положение 2).

Таким образом, начиная со второго удара, из-под штампа выходит одна гото-вая шайба.

§ 4-5. Зазоры между матрицей и пуансоном

Разность между рабочими размерами матрицы и пуансона называется зазором. От величины зазора зависит качество по-верхности штампуемых деталей. Он ока-зывает влияние на стойкость штампов и на расход энергии при штамповке. Величину зазора нельзя уста-навливать произвольно. При вырубке деталей из толстого материала штампом с малым зазором поверхность среза получается неровной, так как поверхности скольжения, идущие от кромок пуансона, не сов-падают с поверхностями скольжения, возникающими у кромок мат-рицы.

При большом зазоре поверхность среза получается с рваными заусенцами, образующимися вследствие затягивания и обрыва метал-ла в зазоре.

В случае неравномерного распределения зазора по периметру при большом затуплении режущих кромок пуансона и матрицы могут иметь место заусенцы и другие дефекты среза. Величина зазора *z* обычно принимается в процентах от толщины *s* штампуемого материа-ла и устанавливается чаще на одну сторону.

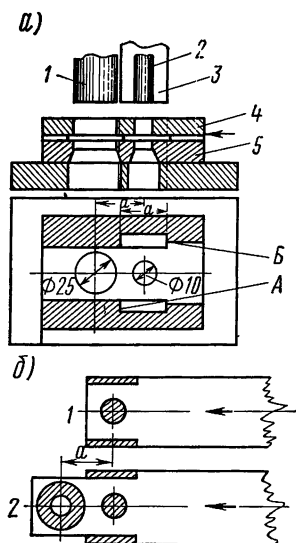


Рис. 4-6. Комбинированный штамп последовательного действия для выруб-ки шайбы:

а — схема устройства штампа;
б — схема штамповки

При обычной вырубке и пробивке стали большинства марок величина зазора равна:

толщина материала s , мм	величина зазора z , % от s
до 0,2	0 (без зазора)
от 0,3—3,0	3—6
3—10	6—10
10—25	10—15

Величину зазора при штамповке других материалов можно найти в справочнике по штамповке [12].

При штамповке деталей из электротехнической стали величина зазора принимается равной 3—6% от s .

Установлен следующий порядок расчета размеров рабочих частей штампов.

При вырубке наружного контура номинальный размер матрицы D_m (рис. 4-7, а) принимается равным наименьшему предельному размеру изделия $D_{д.наим.}$

Номинальный размер пуансона D_n определяется как разность между номинальным размером матрицы и зазором на обе стороны ($2z$).

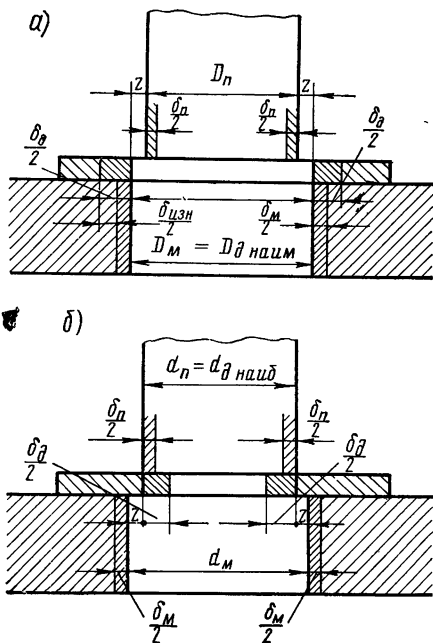
При пробивке отверстий (рис. 4-7, б) номинальный размер пуансона d_n берется равным наибольшему предельному размеру отверстия $d_{д.наиб.}$

Номинальный размер матрицы определяется как сумма номинального размера пуансона и величины зазора на обе стороны.

Допуски на изготовление рабочих частей штампов обычно устанавливаются «в тело» — плюс для матрицы и минус для пуансона.

Рис. 4-7. Схема расположения зазоров и полей допусков на изготовление рабочих частей штампов:

а — при вырубке наружного контура; б — при пробивке отверстий; δ_n — допуск на изготовление пуансона; δ_m — допуск на изготовление матрицы; δ_d — допуск на изготовление детали



В связи с тем что допуски на изготовление рабочих деталей штампов увеличивают зазор, при расчете номинальных размеров пуансонов и матриц величина зазора z принимается минимальной из допустимой для данной толщины штампуемого материала.

Номинальные размеры матриц определяются по формулам:
при вырубке наружного контура

$$D_m = D - HO_d; D_n = D_m - 2z = D - HO_d - 2z;$$

при пробивке отверстия

$$d_n = d + BO_d; d_m = d_n + 2z = d + BO_d + 2z,$$

где D_m и D_n — номинальные размеры матрицы и пуансона при вырубке наружного контура;

d_m и d_n — номинальные размеры матрицы и пуансона при пробивке отверстия;

D — номинальный наружный размер детали;

d — номинальный размер отверстия детали;

HO_d и BO_d — нижнее и верхнее отклонения соответствующих размеров детали.

Допуск на изготовление рабочих частей может задаваться в чертеже штампа двумя способами:

- 1) на пуансон и матрицу отдельно;
- 2) только на матрицу с указанием, что пуансон должен быть изготовлен по матрице с обеспечением необходимого между ними зазора за счет размеров пуансона.

Второй способ применяется при изготовлении штампов со сложной конфигурацией рабочих частей.

§ 4-6. Стойкость штампов

В процессе штамповки рабочие части штампа изнашиваются, их режущие кромки постепенно закругляются, теряя режущие свойства. Особенно интенсивно срабатывается матрица.

При работе затупившимся штампом на поверхности штампуемой детали, прилегаемой к матрице, появляется заусенец, величина которого растет вместе с затуплением режущих кромок матрицы.

При появлении заусенцев, высота которых превышает допустимую, штамповку деталей следует прекратить и штамп отправить на заточку для восстановления режущих свойств.

При заточке на шлифовальном станке с поверхности матрицы снимают слой металла до появления острой режущей кромки.

Способность штампа штамповать детали по заданным чертежом размерам и без заусенцев или с заусенцами, высота которых не превышает допустимую, называется *стойкостью штампа*. Стойкость штампа измеряется количеством отштампованных деталей.

Различают полную стойкость и стойкость штампа между переточками.

Стойкость штампа между переточками определяется количеством отштампованных деталей, считая с момента установки нового или заточенного штампа до появления деталей с браком по размерам или недопустимой высоте заусенцев.

Полная стойкость штампа измеряется количеством отштампованных им деталей до полного износа рабочих частей. Она зависит от стойкости между переточками и количества переточек. Количество переточек зависит от высоты части матрицы, которая сошлифовывается в процессе переточек.

На рис. 4-8 показаны различные оформление режущих кромок и отверстий матрицы и высота h , на которую можно сошлифовывать матрицу.

При оформлении режущих кромок с прямолинейным пояском высота h будет равна высоте этого пояса.

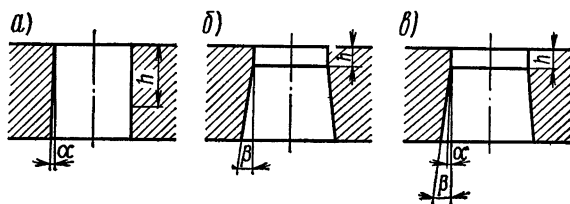


Рис. 4-8. Формы отверстий матрицы:

а — коническое с малым углом; б — с цилиндрическим пояском; в — с коническим пояском

В совмещенных штампах для вырубки листов сердечников прямолинейной делают всю высоту сектора матрицы. В этом случае величина h определяется прочностью части сектора, остающейся после переточки, и возможностью его крепления к плите штампа.

Знание величины полной стойкости штампа необходимо технологу для своевременного заказа дублеров.

Попытки определить полную стойкость штампа расчетным путем или организовать принудительную переточку его обычно кончаются неудачей. Это подтверждается опытом работы некоторых заводов. Причиной этого является наличие большого числа факторов, влияющих на стойкость штампа. К ним относятся: материал и качество термообработки рабочих деталей штампа; конфигурация штампуемой детали; механические свойства и толщина материала штампуемой детали; конструкция штампа; состояние прессы; качество изготовления и заточки штампа; сорт смазки.

В практической работе цеховому технологу при заказе дублеров приходится исходить из средних цифр стойкости того или иного вида штампов, определенных за сравнительно большой период времени.

На каждом заводе средние цифры стойкости совмещенных штампов для вырубки листов сердечников различны. На заводе «Динамо» им. Кирова г. Москвы эти цифры колеблются в пределах 700—900 тыс. ударов.

Рабочие части штампов изготавливают на заводе из легированной стали X12ФТ.

Резкое увеличение стойкости (в 30—50 раз) можно получить, если изготовить штампы с рабочими частями из твердых сплавов.

Однако в электромашиностроении твердосплавные штампы для вырубки листов сердечников широкого распространения не получили из-за сложности изготовления секторов матриц и пуансонов и частого скалывания их в процессе работы.

Штампы из твердых сплавов применяются чаще для изготовления мелких и простых деталей, например, таких, как шайбы.

§ 4-7. Оборудование, применяемое для штамповки листов сердечников

В цехах холодной штамповки для изготовления листов сердечников применяются ножницы листовые с наклонными ножами (гильотинные ножницы), многодисковые (роликовые) ножницы и штамповочные прессы.

Ножницы. Детали редко штампуют из целого листа. Обычно перед штамповкой лист разрезают на полосы требуемой ширины. Для этой цели применяют ножницы листовые с наклонными ножами (рис. 4-9) и многодисковые (рис. 4-10). На первых можно производить прямолинейную резку листов на полосы или отдельные заготовки из металла толщиной от 0,3 до 16 мм, на вторых режут листы на полосы из металла толщиной от 0,03 до 3 мм.

Ножницами с наклонными ножами можно разрезать детали шириной до 3 м, а наибольшая ширина разрезаемой ленты на многодисковых ножницах — 300—800 мм.

Конструкция и принцип работы листовых ножниц с наклонными ножами следующие (рис. 4-9, а). Кривошипный вал 3 приводится во вращение от двигателя 1 через клиноременную передачу, маховик и зубчатые колеса 2. Вал начинает вращаться после включения шиночной муфты, установленной в ступице зубчатого колеса. Муфта включается от нажатия на педаль 7. Разрезаемый лист укладывают на стол 6 и подают до упора. При включении ножниц перед разрезкой лист предварительно прижимается к столу прижимом 4, а затем разрезается ножами. Верхний подвижной наклонный нож закреплен на ножевой балке 5, усилие которой передается посредством двух шатунов от кривошипного вала.

Угол наклона верхнего ножа φ (рис. 4-9, б) выбирается в зависимости от толщины разрезаемого листа и составляет от $1^{\circ}10'$ до $3^{\circ}15'$.

Многодисковые ножницы для резки листового металла имеют два параллельных вала, на которых закреплены несколько пар дисковых ножей, разрезающих лист на полосы. Дисковые ножи могут передвигаться на валах. Каждую пару ножей устанавливают друг от друга на расстояние, равное ширине полосы. Резка листов электротехнической стали на полосы для штамповки железа сердечников обычно производится на многодисковых роликовых ножницах, дающих лучшее качество разрезки.

Роликовые ножницы более производительны, чем ножницы с наклонными ножами, так как на них лист раскраивается сразу на несколько полос.

Прессовое оборудование. По технологическому признаку прессы для холодной штамповки подразделяются на универсальные, на которых можно выполнять различные штамповочные операции (выруб-

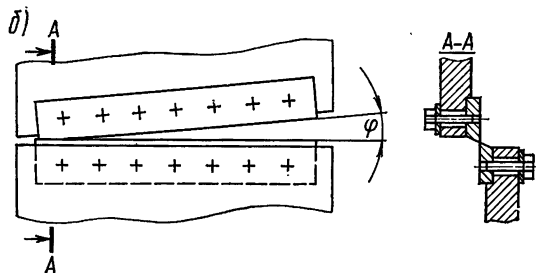
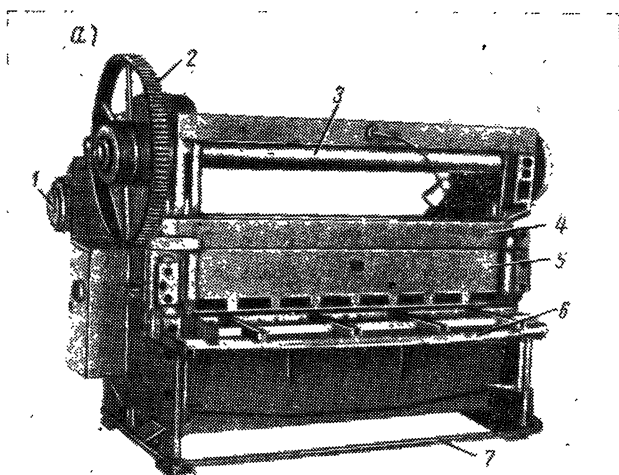


Рис. 4-9. Ножницы листовые с наклонными ножами:
а — общий вид; б — схема расположения ножей

ные, пробивные, гибочные), и специальные, предназначенные для выполнения лишь отдельных операций или изготовления определенных деталей.

Универсальные прессы. Они бывают механические (кривошипные) и гидравлические. В штамповочных цехах для изготовления деталей электродвигателей методом холодной штамповки применяются механические кривошипные прессы.

В кривошипных прессах передача движения рабочим органам от электродвигателя производится при помощи механической передачи. Для преобразования вращательного движения вала двигателя

в возвратно-поступательное движение ползуна используется кривошипно-шатунный механизм.

На рис. 4-11, а показана схема кривошипного механизма. При вращении кривошипа 3 по окружности ползуну 1 через шатун 2 сообщается возвратно-поступательное движение. Ползун прессы имеет два конечных положения, одно из которых называется верхней мертвой точкой (в. м. т.), второе — нижней мертвой точкой (н. м. т.). Расстояние от ползуна в его в. м. т. до стола прессы (H_0) (рис. 4-11, в) называется *открытой высотой*, а расстояние от ползуна

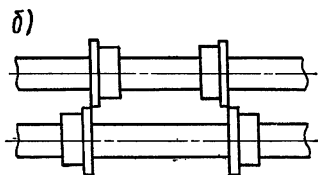
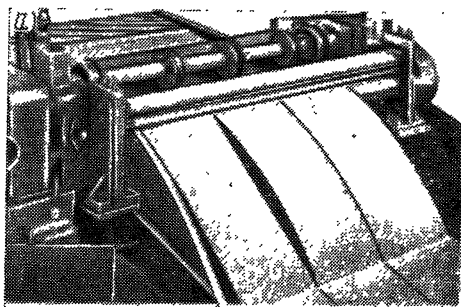


Рис. 4-10. Многодисковые ножницы:

а — общий вид; б — схема расположения пар дисковых ножей

в его н. м. т. до стола (H_3) — *закрытой высотой* прессы. Величина хода прессы определяется расстоянием между верхней и нижней мертвыми точками.

Усилие на ползуне переменное и зависит от положения кривошипа. Наибольшим оно будет в в. м. т. и н. м. т. В паспортах прессов указывается его номинальное усилие, которое принимается равным усилию, создаваемому на ползуне, когда кривошип не доходит до нижней мертвой точки примерно на $20-30^\circ$ (угол α).

Принцип работы кривошипного прессы (рис. 4-11, б) заключается в следующем: от электродвигателя 1 через зубчатую передачу вращение передается маховому колесу (маховику) 2, которое свободно сидит на конце кривошипного вала 4. Вращение кривошипному валу от маховика передается через муфту 3, одна половина которой жестко соединена с кривошипным валом, другая — с маховиком.

Муфта включается через систему передач при нажатии на педаль 8. При этом вал, вращаясь, делает вокруг своей оси один оборот, а ползун 6 с шатуном 5 — один двойной ход.

При работе прессы с одиночными ударами после каждого хода пресс автоматически выключается. Управление прессом предусматривает работу его на самоходе. Это необходимо при штамповке деталей с автоматической подачей заготовок в штамп.

Нижняя часть штампа крепится на столе прессы 7, а верхняя — на ползуне 6. Ползун движется в направляющих (на схеме не показаны).

Имеется много разновидностей кривошипных прессов, которые отличаются друг от друга усилием, конструкцией станины и муфты

включения, формой кривошипного вала и т. д. Для вырубki плоских деталей (листов сердечников электродвигателей) применяются кривошипные прессы с небольшим ходом ползуна. При проектировании штампов необходимо их размеры согласовывать с соответствующими размерами прессы.

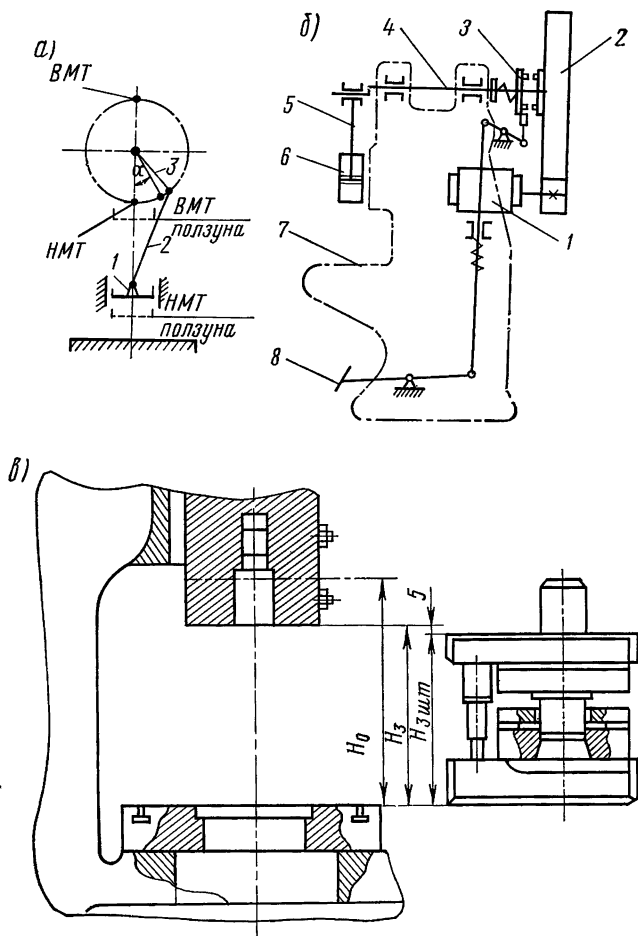


Рис. 4-11. Кривошипный пресс:

а — схема кривошипно-шатунного механизма; б — кинематическая схема прессы; в — рабочее пространство прессы

Устанавливать штамп на стол прессы можно лишь в том случае, если закрытая высота штампа $H_{з.шт}$ (см. рис. 4-11, в) будет на 5—6 мм меньше закрытой высоты прессы, в противном случае при ходе ползуна вниз может произойти поломка прессы или штампа.

Закрытая высота прессы может регулироваться в определенных пределах за счет изменения длины шатуна, имеющего винтовое соеди-

нение с ползуном. Благодаря этому на пресс можно устанавливать штампы с различной закрытой высотой.

На универсальных кривошипных прессах производится штамповка листов сердечников совмещенными штампами. Один из таких прессов показан на рис. 4-12.

Специальные пресс-автоматы. В массовом производстве электродвигателей для штамповки листов сердечников статоров и роторов применяются специальные, а также универсальные листоштамповочные с нижним приводом пресс-автоматы.

Пресс-автоматы допускают возможность быстрой переналадки для штамповки деталей разных размеров. В Советском Союзе пресс-автоматы выпускают Воронежский завод им. Калинина (модель А-804) и Барнаульский завод механических прессов (модели К-208 и А-805). Пресс А-804 (усилие 981 кН или 100 Т, число ходов в минуту от 60 до 150) предназначен для штамповки листов сердечников четырех- и пятипозиционными штампами последовательного действия.

За рубежом специальные пресс-автоматы выпускают фирмы ФРГ, Франции, Бельгии, Японии.

На пресс-автоматах К-208, имеющих усилие 2452,5 кН (250 Т), листы статора и ротора штампуются двухпозиционными комбинированными штампами совмещенного действия.

Пресс-автоматы А-805, или «Бакинец», опытный образец которых был разработан Бакинским электромеханическим заводом, выпускаются серийно Барнаульским заводом механических прессов.

Предназначены они для штамповки листов сердечников 6—7-го габарита единой серии. Пресса имеют 50 двойных ходов в минуту и отличаются горизонтальным расположением направляющих колонок от всех других пресс-автоматов, имеющих вертикальное их расположение.

На рис. 4-13 показано устройство пресс-автомата с нижним приводом.

От электродвигателя 1 через вариатор 2 (с помощью вариатора изменяется передаточное отношение) и ременную передачу 3 враще-

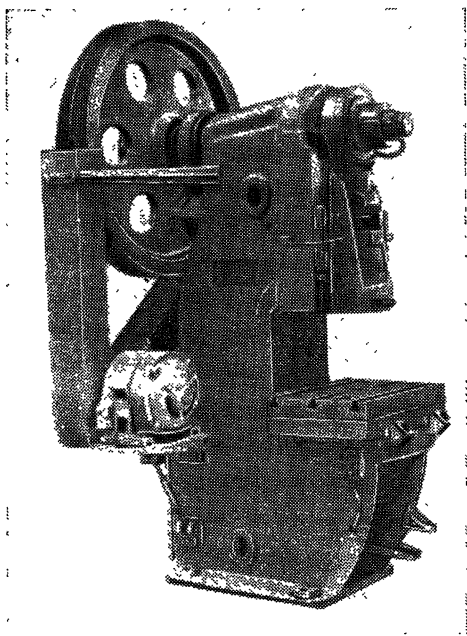
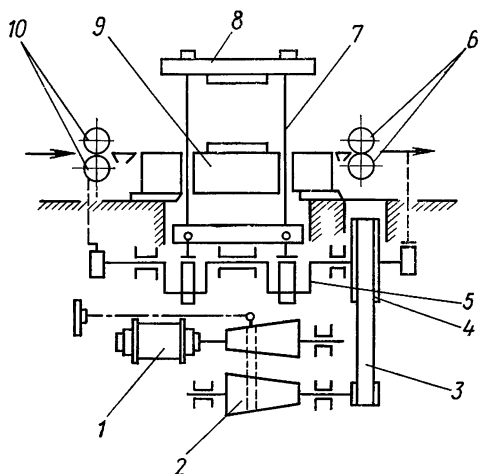


Рис. 4-12. Пресс кривошипный одностоечный с неподвижным столом

ние сообщается маховику 4 и кривошипному валу 5, расположенному в нижней части пресса. Кривошипы вала через цилиндрические колонки 7 сообщают верхней траверсе 8 возвратно-поступательное движение.



На столе 9 устанавливают нижнюю половину, а на траверсе 8 крепят верхнюю половину штампа. Стальная полоса или лента перемещается с помощью валковой передачи, которая состоит из подающих 10 и приемных валков 6. Валковая подача кинематически связана с кривошипным валом. Перемещение полосы валками производится при ходе траверсы вверх, а при ходе вниз валки неподвижны.

Рис. 4-13. Устройство пресс-автомата с нижним приводом

Пресс-автоматы с нижним приводом обладают высокой производительностью, доступным расположением штампов,

за счет регулировки втулок направляющих колонн инструменту сообщается точное направление.

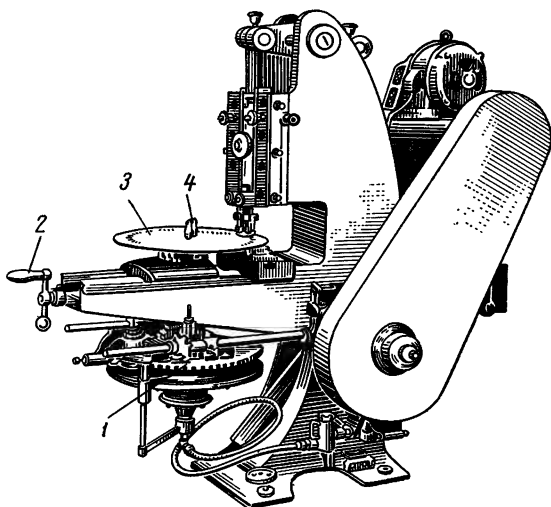


Рис. 4-14. Пазовый пресс-автомат

В условиях индивидуального и мелкосерийного производства для штамповки пазов в листах сердечников применяются специальные пазовые пресс-автоматы (рис. 4-14).

Работа на них осуществляется в следующей последовательности. Заготовка 3, имеющая форму кружка, отверстием под вал устанавливается на оправку и закрепляется прижимом 4. После каждого удара прессы делительный механизм со сменным храповым колесом 1 автоматически поворачивает оправку с заготовкой на одно пазовое деление. После вырубки полного количества пазов пресс останавливается.

Для вырубки пазов в листах сердечников различных машин необходимо менять штамп, оправку, храповое колесо и передвигать оправку на необходимое расстояние вращением рукоятки 2 ходового винта.

§ 4-8. Штамповка листов сердечников в различных типах производства

При выборе оборудования и штампов для изготовления листов сердечников исходят из экономической целесообразности, т. е. наибольшей производительности и наименьшей себестоимости обработки.

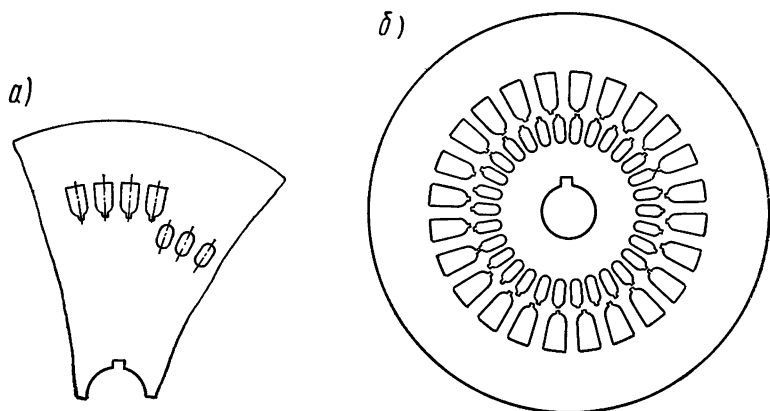


Рис. 4-15. Схема штамповки листов статора и ротора пазовыми штампами:

а — одновременная пробивка трех пазов ротора и четырех пазов статора;
б — заготовка с пробитыми пазами статора и ротора

В единичном и мелкосерийном производстве применяют простые по конструкции штампы и универсальное оборудование, в массовом и крупносерийном производстве — сложные совмещенные штампы и пресс-автоматы.

Единичное и мелкосерийное производство. Листы сердечников вырубаются за несколько операций. Из полос стали на универсальных прессах комбинированными штампами штампуются заготовки-кружки с пробитыми отверстиями под вал и вентиляционные каналы.

Пробивка пазов в заготовках производится пазовыми штампами на пазовых пресс-автоматах.

Пазы у листов якоря пробиваются за одну операцию по одному или несколько пазов одновременно.

Штамповка листов ротора и статора сложнее. В первой операции в заготовке пазовым штампом пробивают пазы статора, а во второй — пазы ротора. Если числа пазов ротора и статора делятся на одно и то же число без остатка, в пазовом штампе совмещают одновременную пробивку пазов статора и ротора. Например, статор имеет 48 пазов, а ротор 36. При пробивке одновременно четырех пазов статора и трех пазов ротора за 12 ударов будут пробиты все пазы (рис. 4-15, а).

После пробивки всех пазов в заготовке (рис. 4-15, б) кольцевым штампом по внутреннему диаметру статора производится разделение

листов. Остающийся на листе ротора припуск, равный величине зазора, снимается при обточке пакета ротора.

Серийное производство.

Штамповка листов сердечников производится на универсальных прессах комбинированными штампами совмещенного действия.

Листы якоря вырубаются за одну, а статора и ротора — чаще за две операции.

В первой операции из полосы вырубается готовый лист статора и кружок с центральным технологическим отверстием под ловитель (рис. 4-16, а). Кружок для данной операции является отходом.

Штамповку листов статора могут производить

один или двое рабочих. При работе вдвоем рабочие места штамповщиков располагаются по обе стороны прессы.

Один рабочий, находящийся с тыльной стороны прессы, подает в рабочую зону штампа полосу, перемещает ее в процессе штамповки и удаляет отходы полосы, другой — эвакуирует из рабочей зоны листы статора и отходы-кружки. При такой работе за счет лучшего использования ходов прессы увеличивается съем с единицы оборудования.

Вырубка листов ротора производится вторым совмещенным штампом из кружков-отходов от первой операции (рис. 4-16, б).

Крупносерийное и массовое производство. Штамповка листов сердечников с наружным диаметром до 350 мм производится на прессах-автоматах (см. § 4-11).

Изготовление листов магнитопроводов с диаметром более 350 мм

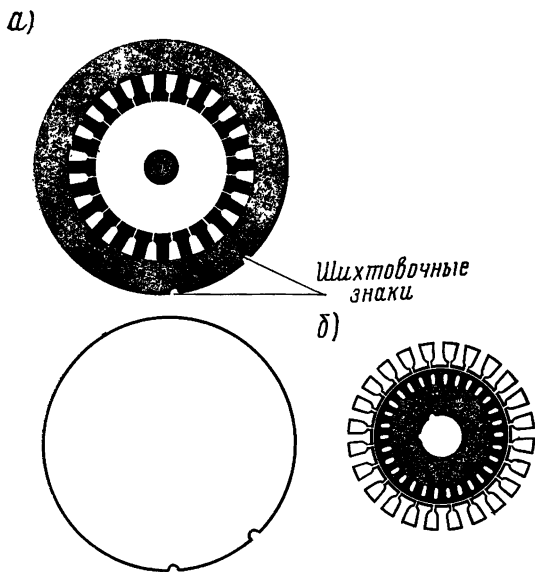


Рис. 4-16. Схема штамповки листов статора и ротора комбинированными штампами совмещенного действия

из-за отсутствия автоматизированного оборудования производится по двухоперационному процессу комбинированными совмещенными штампами так, как и при серийном производстве.

§ 4-9. Штамповка листов главных полюсов

Листы главных полюсов штампуются из стали Ст. 2 толщиной 1,5—2 мм, а крайние листы, предохраняющие сердечник от распушения, — из стальных полос толщиной 5 мм.

Точность сборки главных полюсов закладывается уже при штамповке. Расположение отверстий для заклепок должно быть в каждом листе полюса идентичным. Поэтому они штампуются совмещенными штампами, вырубаящими наружный контур и отверстия за один удар, а собираются из листов, вырубленных одним и тем же штампом. Такие листы легко определить по шихтовочному знаку — радиусной канавке на боковой поверхности полюса (рис. 5-1, *з*), который вырубается каждым штампом на определенном месте.

§ 4-10. Снятие заусенцев у штампованных деталей

При штамповке деталей по контуру вырубки часто получаются заусенцы. Причины образования заусенцев несколько. Основными из них являются: увеличенный или неравномерный зазор между матрицей и пуансоном, штамповка деталей затупленными режущими кромками матрицы и пуансона, колебания в толщине и неровности материала. Заусенцы при сборке пакетов закорачивают между собой листы сердечников, в результате чего потери в стали увеличиваются. Эти потери тем больше, чем больше высота заусенцев.

Возрастание потерь при этом объясняется не только закорачиванием листов, но и увеличенной зоной наклепа у листов с большими заусенцами.

По данным [13], заусенцы на листах статоров электродвигателей АОЛ 2-21/4 высотой 250—350 мкм в зависимости от усилий спрессовки приводят к увеличению потерь на 25—35%. При высоте заусенцев около 10 мкм величина потерь не превышает 3—5%. Чтобы изделия были без заусенцев, нужно иметь штампы высокого качества и поддерживать оборудование в исправном состоянии.

Заусенцы с листов сердечников снимают на станках различных конструкций. На рис. 4-17 схематически изображена конструкция

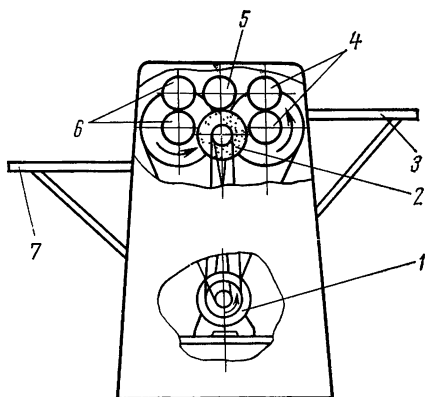


Рис. 4-17. Станок для снятия заусенцев

станка, нашедшая наиболее широкое применение на электромашиностроительных заводах.

Принцип работы станка заключается в следующем: от электродвигателя 1 через клиноременные передачи вращение передается на рабочий валик 2, на котором набраны шлифовальные круги, паре подающих 4 и паре приемных 6 валиков.

Передний стол 3 служит для укладки листов сердечников перед обработкой, а задний 7 — для приема их после снятия заусенцев.

Лист сердечника, подлежащий обработке, подается вручную в приемные валики, которыми захватывается и проталкивается между валиком со шлифовальными кругами и нажимным обрешиненным валиком 5; дальнейшее движение листа осуществляется с помощью приемных валиков.

Все три пары валиков вращаются в одном направлении, процесс резания обеспечивается за счет разности окружных скоростей рабочего валика (25 м/сек), пар подающих и приемных валиков (0,75 м/сек).

§ 4-11. Автоматизация процесса штамповки

Процесс штамповки деталей хотя и является наиболее производительным, однако возможности прессового оборудования часто используются далеко не полностью.

На одном из заводов при штамповке компаундным штампом листов статора электродвигателя средней величины лучшие штамповщицы достигают производительности 5500—6000 деталей в смену. Эксцентриковые прессы, на которых производится штамповка, могут делать до 30 ходов в минуту, следовательно, на них можно вырубить до 12 600 деталей в смену. Таким образом, используется только половина ходов прессы.

Не лучше используются возможности прессов и при штамповке других деталей. При ручной подаче и съеме деталей используется всего лишь 25—30% количества ударов прессы.

Приведенные данные говорят о больших резервах повышения производительности труда за счет более полного использования количества ходов обычных эксцентриковых прессов, выпускаемых промышленностью.

Это может быть достигнуто за счет механизации и автоматизации всего процесса штамповки или части его: подачи заготовок в рабочую зону прессы; перемещения заготовок в процессе штамповки; эвакуации вырубленных деталей и удаления отходов.

Производительность прессового оборудования может быть повышена также за счет более полного использования его мощности. В этих случаях производится штамповка одновременно не одной, а нескольких деталей.

Но наиболее высокая производительность труда достигается при полной автоматизации процесса штамповки, т. е. при штамповке деталей на пресс-автоматах и автоматических линиях.

Штамповка листов сердечников на специальных пресс-автоматах. Листы сердечников статора и ротора вырубаются на пресс-автоматах из полосы или ленты за одну операцию. Наибольшее распространение получили четырехпозиционные штампы последовательного действия для вырубки листов статора и ротора короткозамкнутых электродвигателей и пятипозиционные — для вырубки листов сердечников с фазным ротором. На рис. 4-18 показаны четырехпозиционный штамп и схема вырубки листов статора и ротора.

На первой позиции пробиваются пазы ротора и центральное технологическое отверстие под ловитель, на второй — пазы статора и отверстие под вал. На третьей позиции полностью вырубается лист ротора, на четвертой — лист статора. При пятипозиционной штамповке листов сердечников электродвигателей с фазным ротором добавляется операция обесчки венчика, которая производится на четвертой позиции перед вырубкой листа статора.

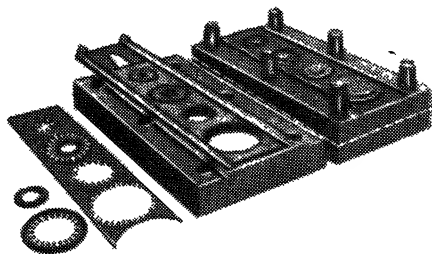


Рис. 4-18. Четырехпозиционный штамп последовательного действия для вырубки листов статора и ротора и схема штамповки

Пресс-автоматы для подачи полосы или ленты в рабочую зону штампа оснащены валковой или клещевой подачами. Для резки отходов у них имеются специальные ножи, которые расположены «на выходе» из прессы после приемной пары валков.

Нож получает движение от кривошипного вала и может совершать разрезку отходов при каждом ходе прессы или через некоторое число ходов.

У прессов фирмы «Schuler» имеется второй нож, расположенный непосредственно за подающими роликами. Этим ножом производится обрезка начала и конца нестандартных полос для исключения возможности получения листов статора с неполным контуром.

Вырубка листов статора и ротора на автоматической линии. При штамповке листов сердечников на пресс-автоматах применяется однорядный способ вырубки, при котором значительное количество металла идет в отход. С целью экономии электротехнической стали некоторые зарубежные фирмы («Grimar» и др.) применили многорядный метод вырубки заготовок (рис. 4-19, а). Указанный метод штамповки фирма «Grimar» положила в основу создания автоматической линии штамповки листов статора и ротора.

На рис. 4-19, б показаны схема автоматической линии и расположение наклоняемых прессов в ней (рис. 4-19, в). Автоматическая

линия состоит из семи прессов: одного головного специального прес-са с усилием 1962 кН (200 Т) и шести универсальных наклоняемых прессов усилием по 981 кН (100 Т), установленных в два ряда.

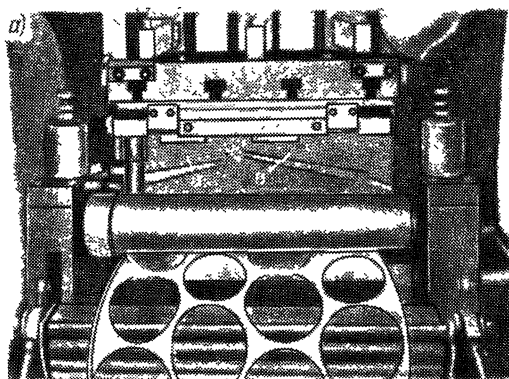
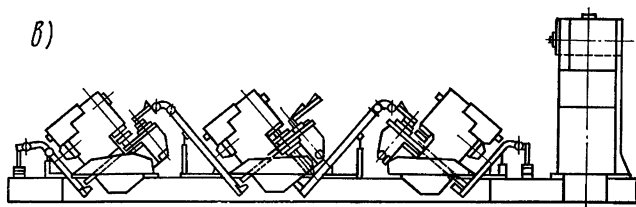
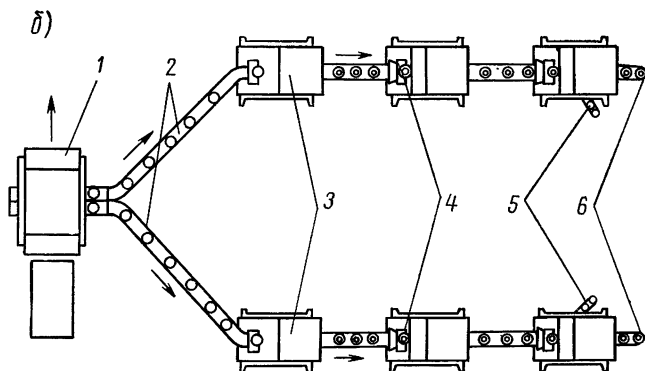


Рис. 4-19. Автоматическая линия фирмы «Grimar» для выруб-ки листов статора и ротора:
а — шахматная вырубка заготовок на головном прессе; б — схема ав-томатической линии; 1 — головной пресс; 2 — ленточный транспортер; 3 — наклонные кривошипные прес-са; 4 — механизм загрузки загото-вок; 5 — оправки для штапелирова-ния листов роторов; 6 — оправки для штапелирования листов стато-ра; в — схема расположения накл-няемых прессов в линии



На головном прессе производится многорядно-шахматная выруб-ка заготовок — кружков диаметром 160 мм. Лента или лист подается в штамп вальковой подачей. Отходы на выходе из прес-са разрезаются ножом и сбрасываются в бункер. Вырубленные головным прес-сом заготовки попадают на лотки В (см. рис. 4-19, а), которыми вы-посят-

ся из зоны штампа на транспортер подачи к накопителям, установленным перед первыми прессами обоих рядов линии.

Производительность пресса 200 заготовок в минуту. Такая производительность головного пресса позволяет обеспечить загрузку шести прессов линии, работающих с высокой скоростью — 120 ходов в минуту. Заготовки в штамп на прессах линии подаются с помощью шибберного устройства.

На первой паре прессов пробиваются пазы ротора, отверстие под вал и отверстия для шпилек в листах статора; на паре средних прессов вырубается пазы статора, центрируется заготовка по отверстию под вал. На третьей паре прессов производится разделение листов статора и ротора.

Транспортировка заготовок с позиции на позицию и штапелирование готовых листов статора и ротора производятся с помощью выводящих лотков и магнитной ленты транспортера в следующем порядке: с пуансона штампа заготовка съемником сбрасывается на выводящий лоток, который передает ее на магнитную ленту для транспортирования в штапелирующее устройство следующего пресса. Аналогично производится передача готовых листов статора и ротора на штапелирующие оправки.

Кроме повышения производительности труда и экономии металла, при штамповке на автоматических линиях значительно сокращаются расходы на изготовление и эксплуатацию оснастки из-за простоты ее конструкции.

§ 4-12. Механизация транспортировки отходов и готовых листов статора и ротора

В штамповочных цехах на изготовление листов сердечников расходуется значительное количество электротехнической стали. Например, в цехе завода, имеющем 25 универсальных кривошипных прессов для вырубки листов статора и ротора, количество отходов при штамповке электротехнической стали доходит до 20 *T* в сутки. Еще большее количество металла в виде вырубленных листов статора и ротора находится около прессов. Громоздкие ящики с отходами и оправки с готовыми листами захламляют проходы между прессами, мешая операторам работать на прессах, создавая опасность получения травм от порезов об острые края. Для транспортировки отходов и готовых деталей требуется большое количество электрокар.

Механизация удаления отходов и передачи готовых деталей на склад и участок лакировки является наиболее актуальной задачей штамповочных цехов.

Наибольший экономический эффект и значительное улучшение условий труда, как подтверждает опыт штамповочного участка цеха машин переменного тока завода «Динамо», дает комплексная механизация транспортных работ.

Штамповочный участок цеха расположен в двух пролетах (рис. 4-20). В одном из них установлены роликовые ножницы и муш-

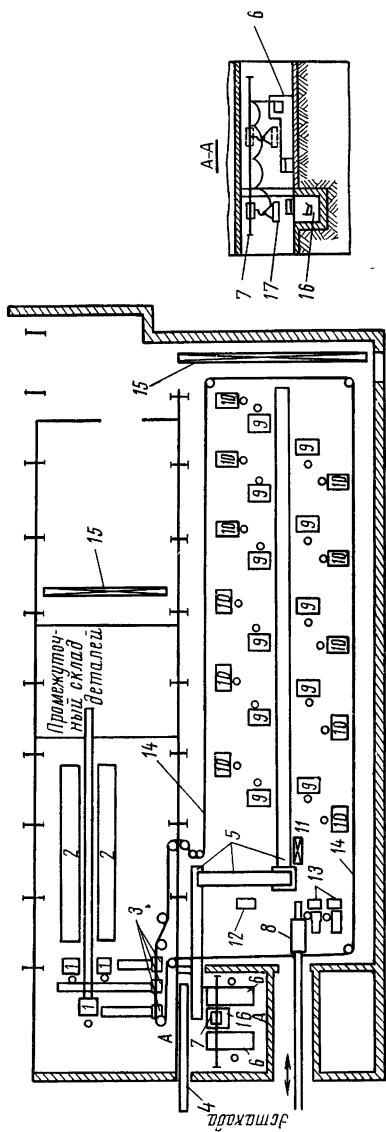


Рис. 4-20. Планировка штаповочного участка:

1 — станок для снятия заусенцев; 2 — лакировальная машина; 3 — пневматический подъемный станок; 4 — пластинчатый транспортер; 5 — ленточный транспортер для отходов; 6 — пакетировочный пресс; 7 — кран-балка с электротельфером; 8 — механизированная тележка; 9, 10 — кривошипный пресс; 11 — загрузочный стол; 12 — ножницы с наклонными ножами; 13 — ножницы роликовые; 14 — подвесной конвейер; 15 — мостовой кран; 16 — приемник для отходов; 17 — электромагнит

версальные кривошипные пресса различных моделей усилием от 686,7 кН до 2452,5 кН (70—250 Т) и два пресс-автомата модели К-208,



Рис. 4-21. Подвесной конвейер для транспортировки готовых листов статора и ротора

в другом — станки для снятия заусенцев, лакировальные машины и промежуточный склад деталей.

Прессы для штамповки листов статора установлены вдоль ленточного транспортера для удаления отходов, а прессы для вырубки листов ротора — в другом ряду.

Пачки листов электротехнической стали с эстакады к роликовым ножницам подаются в цех по рельсовому пути при помощи механизированной (с электроприводом) тележки. Грузоподъемность тележки 3 Т, габаритные размеры 2000 × 1000 × 7000 (длина × ширина × высота). Для загрузки тележки на эстакаде и разгрузки ее в центре используется мостовой кран.

Нарезанные на роликовых ножницах полосы, уложенные в стопку высотой 200—300 мм на специальные рамки, передаются к прессам с помощью мостового крана.

Транспортировка готовых листов статора и ротора, хранящихся на специальных стойках, на участок лакирования производится подвесным конвейером (рис. 4-21), а на склад — электрокарами.

Отходы после штамповки перевозятся при помощи системы

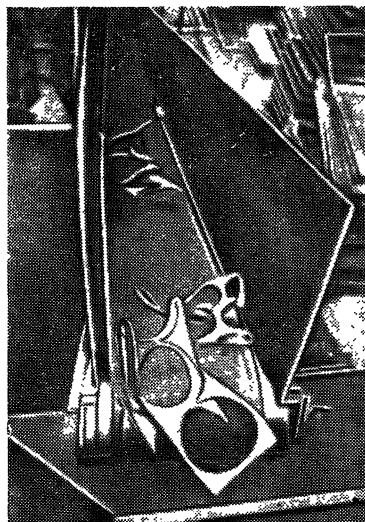


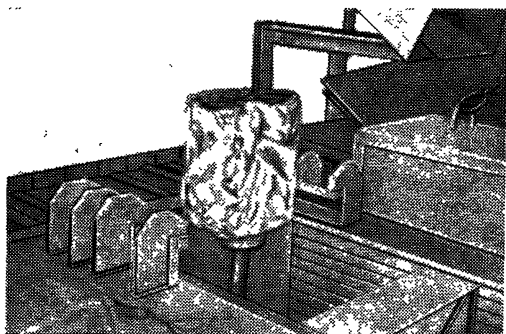
Рис. 4-22. Ленточный транспортер для удаления отходов

конвейером (рис. 4-21), а на

из трех ленточных транспортеров. Транспортер представляет собой желоб из листового железа, по дну которого движется лента (рис. 4-22).

Пакеты спрессованных отходов из пакетировочного отделения на эстакаду удаляются при помощи пластинчатого транспортера. Управление тельфером с электромагнитом и пластинчатым транспортером расположено на пульте пакетировочного пресса рядом с управлением самого пресса.

Пакетирование производится следующим образом. Рабочий-прессовщик, нажимая на кнопки управления, перемещает электротельфер с электромагнитом к



приемнику отходов и опускает электромагнит 17 (рис. 4-20) на отходы. После включения электромагнита к нему притягивается определенная порция выштамповок, которая магнитом переносится в пресс-камеру пресса.

Последняя заполняется отходами за две-три подачи, после чего начинается прессование.

Время прессования одного пакета (без учета загрузки) составляет 3 мин.

Рис. 4-23. Выталкивание готового пакета из пресс-камеры пресса

Готовый пакет вертикальным штоком пресса (рис. 4-23) из пресс-камеры поднимается вверх и горизонтальным — сталкивается на пластинчатый транспортер. Размеры спрессованного пакета $500 \times 300 \times 280$ мм, вес около 80 кг. Производительность пресса 3—4 т отходов в смену.

Пакетирование отходов необходимо, так как:

а) непакетированные отходы имеют большой объем и малый вес. При перевозке их по железной дороге в таком виде предприятию приходится платить большие штрафы за недогруз вагонов;

б) при переплавке непакетированных отходов большое количество металла сгорает;

в) стоимость 1 т пакетированных отходов равна 16 руб., а непакетированных 4 руб.;

г) для хранения пакетированных отходов нужна меньшая площадь.

§ 4-13. Вопросы техники безопасности в штамповочных цехах

В штамповочных цехах на соблюдение правил техники безопасности всем персоналом цеха, и особенно штамповщицами, должно быть обращено серьезное внимание.

Нарушение технологического процесса может привести к серьезным травмам. В первую очередь следует поддерживать в исправном состоянии оборудование и штампы. Территория цеха должна своевременно очищаться от отходов и готовых деталей, могущих послужить причиной травм.

Перед работой следует на холостом ходу убедиться в исправности пресса, штампа и блокировки. Особое внимание должно быть обращено на исправность муфты включения и тормозного устройства. При их неисправности может произойти самопроизвольное опускание ползуна или повторный, сдвоенный, ход без включения пресса. Сдвоенный ход ползуна особенно опасен, так как рабочий не ожидает его и в этот момент может удалять отходы из рабочей зоны штампа или устанавливать заготовку. Поэтому при работе на штампах без ограждений следует пользоваться пинцетами, крючками; снимать готовую деталь и класть заготовку можно только после того, как ползун поднимется в верхнее положение и остановится.

В процессе работы рабочее место должно содержаться в чистоте и порядке. Перед началом каждой новой работы мастер обязан дать прессовщику инструктаж о безопасных способах ее выполнения.

Однако вопросы безопасности работы в штамповочных цехах не следует сводить только к своевременному инструктажу и требованию соблюдения правил техники безопасности.

Необходимо создавать такие условия, работа при которых была бы безопасной. Прежде всего следует исключать необходимость и возможность ввода рабочим рук в опасную зону.

Включение пресса должно производиться только при нажмие на две рукоятки или кнопки включения обеими руками. Фоторелейная защита (другой способ включения пресса) не позволяет включить пресс в момент, когда руки рабочего находятся в опасной зоне. Перед входом в рабочую зону штампа на столе пресса с одной стороны устанавливается осветитель, луч из которого направлен в фотоэлемент, установленный на стороне стола. Пока рука рабочего оказывается в опасной зоне, она разрывает луч осветителя, блок-магнит запирает рукоятку включения, не давая возможности включить пресс.

При двуручном или двухкнопочном включении производительность труда за счет увеличения времени на включение пресса понижается. В этом отношении фоторелейная защита оказывается лучшей. Однако при значительных сотрясениях пресса фоторелейная защита часто выходит из строя.

Различные ограждения, устанавливаемые на штампах для предотвращения ввода рук в рабочую зону, как правило, понижают производительность труда.

Наиболее эффективным средством, обеспечивающим безопасность работы и высокую производительность труда, является механизация и автоматизация процесса штамповки.

Наиболее опасным при штамповке на обычных прессах является вырубка листов ротора.

При организации штамповки листов ротора на наклонном прессе полностью устраняется опасность работы и значительно повышается производительность труда.

По данному технологическому процессу заготовка ротора в виде кружка с технологическим отверстием опускается рабочим на наклонный лоток-склиз вне опасной зоны. По склизу заготовка попадает в рабочую зону штампа. После штамповки по второму склизу лист ротора соскальзывает и попадает на стапелирующую оправку. Отходы при таком процессе штамповки удаляются на провал.

При штамповке других деталей из полосы применяют комбинированные штампы последовательного действия со штамповкой деталей напровал, а при штучных заготовках — различные подачи заготовки в рабочую зону штампа.

Удаление вырубленных легких деталей осуществляется сдувом сжатого воздуха, который включается автоматически и периодически после вырубки детали при подъеме ползуна в верхнее положение.

Но наиболее совершенным процессом штамповки, отвечающим всем современным требованиям, является штамповка деталей на пресс-автоматах и автоматических линиях.

ГЛАВА V

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЕРДЕЧНИКОВ МАГНИТОПРОВОДОВ

§ 5-1. Типы сердечников

Сердечник электрической машины является частью магнитной цепи, на периферии которого располагается обмотка.

Назначение сердечника в машине определило его конструкцию и технологию изготовления.

Пакеты сердечников изготавливаются из специальной электротехнической стали, обладающей благодаря присадке кремния невысокими удельными потерями. С целью уменьшения потерь на вихревые токи пакеты сердечников статоров, роторов и якорей набираются из отдельных, изолированных между собой, листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, а главных полюсов — из машиноподлочной стали Ст. 2 толщиной 1,5—2 мм.

Технологию изготовления сердечников необходимо строить таким образом, чтобы в процессе обработки и сборки не ухудшались их магнитные свойства и был получен монолитный пакет сердечника, в котором не должна подвергаться повреждению изоляция обмоток как при ее укладке, так и в процессе эксплуатации электрической машины.

На рис. 5-1 показаны конструкции сердечников электродвигателей переменного и постоянного тока.

Сердечник статора электродвигателя единой серии (рис. 5-1, а) состоит из пакета отдельно набранных листов 1 и 2, скрепленных скобами 3, и нажимных шайб 4.

В крановых электродвигателях пакет сердечника статора шихтуется непосредственно в станину, в которой после опрессовки на гидропрессе запирается кольцевыми шпонками (рис. 5-1, б).

Пакеты сердечников фазных роторов и якорей машин постоянного тока собираются непосредственно на вал (рис. 5-1, в).

Сердечники главных полюсов небольших размеров скрепляются несколькими заклепками. Но такого крепления для пакетов сердечников большой длины оказывается недостаточно, так как пакет получается нежестким, вследствие чего поверхность полюса получается не прямолинейной, а винтовой.

Для придания сердечнику главного полюса необходимой жесткости, исключающей образование спирали, в пакет сердечника запрессовывается металлический стержень (рис. 5-1, г). В стержне предусмотрены отверстия с резьбой для крепления полюса к остову.

При изготовлении сердечников особое внимание должно быть обращено на качество поверхности пазов пакетов, в которые укладывается обмотка.

Заусенцы и отдельные выступающие листы в пазу могут послужить причиной повреждения и пробоя изоляции обмоток.

Особенно опасным местом для повреждения изоляции проводников обмоток, как показывает анализ причин брака, является выход из паза пакетов статоров, роторов и якорей. В первую очередь это относится к всыпным обмоткам.

В процессе укладки обмоток в местах перехода пазовой части в лобовую, т. е. на выходе из паза, проводники катушки обмотки перегибаются и при наличии острых кромок паза может произойти повреждение изоляции. Острые кромки паза могут повредить изоляцию и в процессе эксплуатации (из-за возможных перемещений обмотки в пазу в результате вибрации, тряски, действия центробежных сил и температурных изменений). Нарушение изоляции обмотки может произойти также за счет перемещений листов железа в процессе работы машины в результате неплотной спрессовки пакета или большого распушения зубцов крайних листов.

Распушение листов показано схематически на рис. 5-2.

Для предохранения обмотки от повреждения вследствие указанных причин принимаются следующие конструктивно-технологические меры.

После опрессовки пакетов листов гидравлическим прессом их сжатое состояние обеспечивается запорными скобами 3 (см. рис. 5-1, а) или кольцевыми шпонками 2 (см. рис. 5-1, б) у пакетов статоров и нажимными шайбами 3 и 7 у пакетов роторов и якорей (см. рис. 5-1, в).

Нажимные шайбы удерживаются на валу за счет натяга прессовой посадки.

Для уменьшения величины распушения листов с торцов пакета устанавливаются несколько (четыре — пять) листов толщиной по 1 мм и применяется ступенчатая опрессовка пакета.

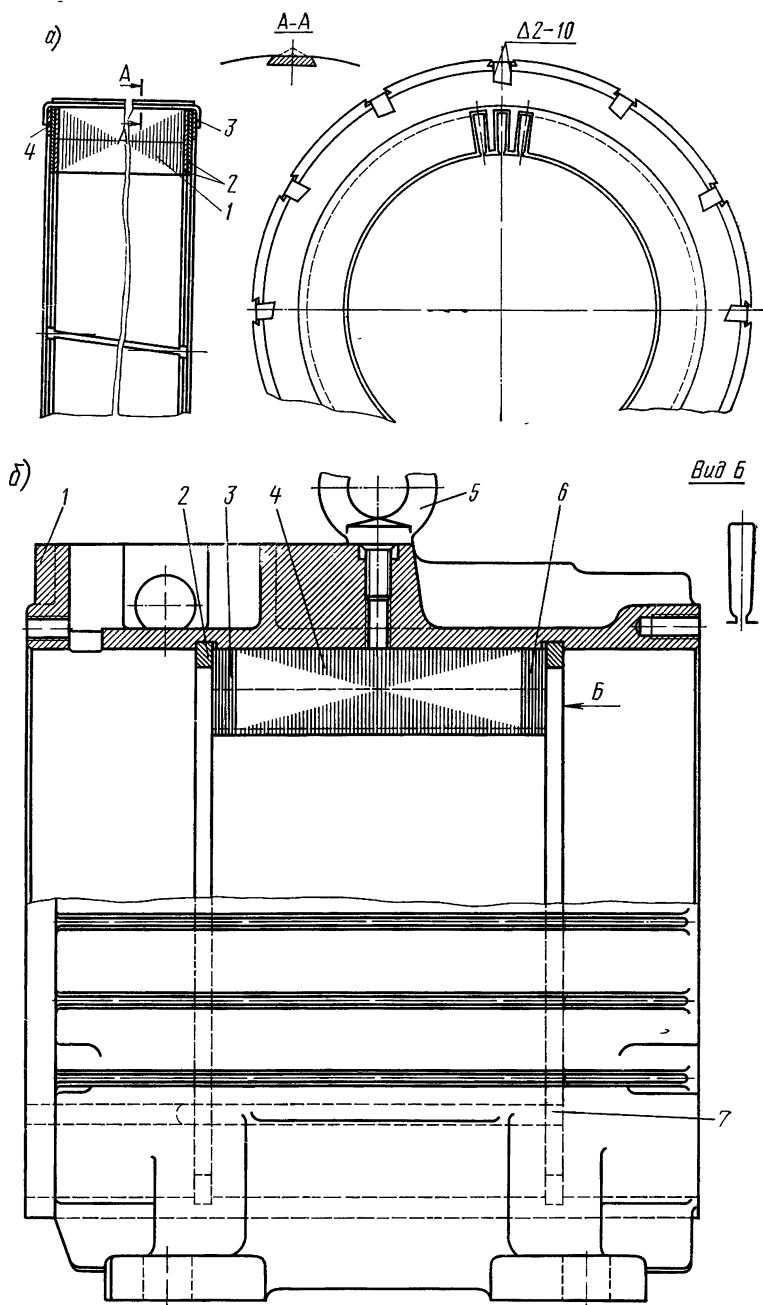
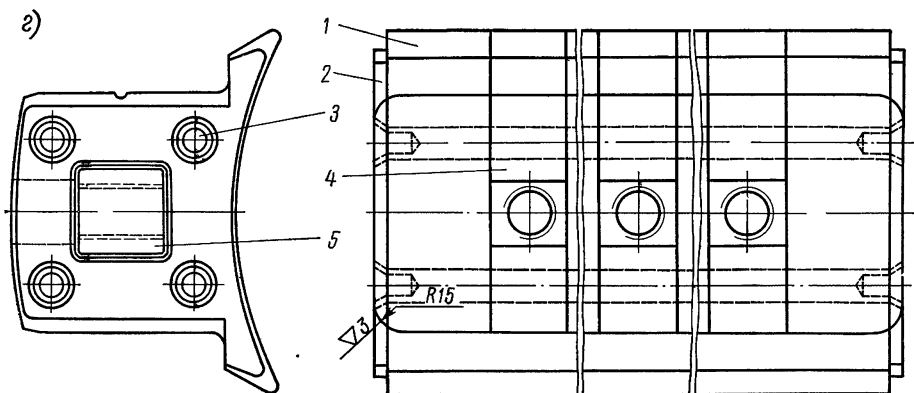
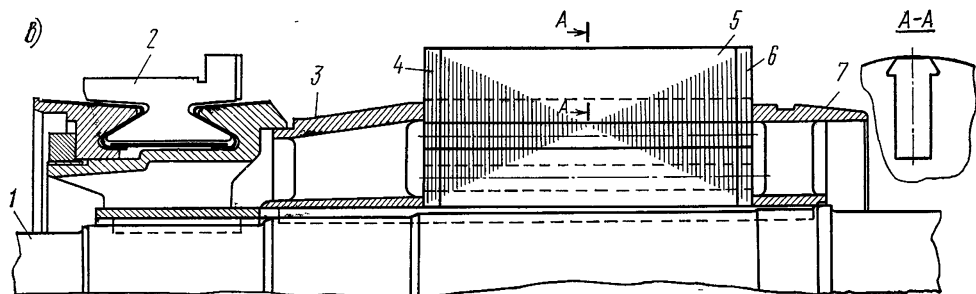


Рис. 5-1. Магнит
 а — статора асинхронного двигателя единой серии; б — статора асинхронного кранового сердечника; 5 — грузовой винт; 7 — шпонка; 6 — якоря электродвигателя постоянного
 5 — листы якорные; 2 — главный полюса; 1 — полюсный лист; 2 — крайний

Вначале пакет спрессовывается полным расчетным давлением, при этом давление прессы передается пакету через технологическую оправку, которая перекрывает и зубцы листов, затем уменьшенной величиной давления насаживается нажимная шайба и пакет допрессовывается.

Применение с торцов пакета утолщенных крайних листов требует дополнительных штампов для их изготовления, распушение же при этом полностью не устраняется.

Для устранения распушения листов следует с торцов пакета установить несколько склеенных листов, вырубленных тем же штампом, что и остальные листы пакета. Монолитный пакет можно получить, склеив листы всего пакета. Однако этот процесс требует дополнительных затрат, поэтому склеенные сердечники применяются в ответственных машинах небольших габаритов.



ные сердечники:

электродвигателя: 1 — станина; 2 — кольцевая шпонка; 3, 6 — крайние листы; 4 — листы тока: 1 — вал, 2 — коллектор; 3 и 7 — шайбы нажимные; 4, 6 — пакет крайних листов; лист полюса; 3 — заклепка полюсная; 4 — полюсный лист; 5 — стержень

Как указывалось выше, острые кромки пакета представляют собой большую опасность для обмотки, поэтому на выходе из паза листов зашлифовываются напильником или в пакете склеенных крайних листов при его изготовлении снимается пологая фаска.

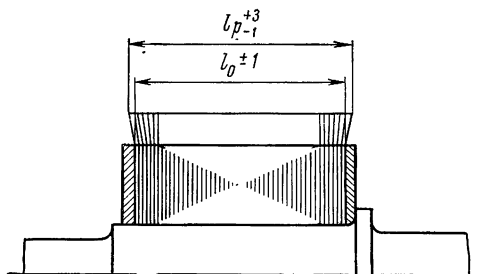


Рис. 5-2. Распушение листов сердечника ротора:

l_0 — длина сердечника по длине паза; l_p — длина распушенного сердечника

стные слои металла упрочняются. Это явление называется *наклепом*. Наклеп значительно ухудшает магнитные свойства железа сердечников — увеличиваются удельные потери и напряженность магнитного поля.

Ухудшение магнитных свойств в зависимости от ширины зубцов может составлять от $10 \div 15\%$ до $200-500\%$ и будет большим у зубцов, имеющих наименьшую ширину [6].

Восстановление магнитных свойств сердечников с наклепанными листами может быть произведено путем термической обработки — отжига в печах с защитной атмосферой.

§ 5-3. Изолирование листов сердечников

Изоляцией листов сердечников служит обычно лаковая пленка бакелитового или масляноглифталевого лака № 202, наносимая на их боковые поверхности в специальных лакировальных машинах.

Изолировка листов может быть также достигнута за счет оксидной пленки, получаемой в результате процесса оксидации листов.

Не подвергаются изолировке листы сердечников фазных роторов электродвигателей небольшой мощности, так как величина потерь в пакетах сердечника незначительна вследствие пониженной частоты изменений магнитного потока.

Листы железа короткозамкнутых роторов можно изолировать только оксидной пленкой, потому что лаковая пленка выгорает при заливке пакета алюминием.

При изолировке листов лаком суммарная толщина лаковой пленки с обеих сторон при одноразовом покрытии должна быть $0,013-0,015$ мм, а при двухразовом — $0,026-0,03$ мм.

Лакированные листы контролируют внешним осмотром. Лаковая пленка у них должна быть сухой, твердой и не давать отлипа.

§ 5-2. Отжиг листов сердечников

При штамповке листов сердечников вследствие пластической деформации структура металла вдоль периметра вырубki изменяется. В результате искажения кристаллической решетки поверхностные слои металла упрочняются. Это явление называется *наклепом*. Наклеп значительно ухудшает магнитные свойства железа сердечников — увеличиваются удельные потери и напряженность магнитного поля.

§ 5-4. Ориентирование листов сердечников по шпоночной канавке и шихтовочному знаку

Если у одного и того же листа железа замерить ширину пазов и их расположение относительно друг друга, то можно убедиться, что они отличаются, хотя и на небольшую величину.

Это происходит потому, что при изготовлении штампа всегда неизбежны погрешности. Но эти погрешности не окажут влияния на размер и качество поверхности пазов сердечника, если собирать пакет из листов железа, вырубленного одним и тем же штампом, а располагать их в таком же положении, как они штамповались.

Узнать, каким штампом вырублен лист, можно по матричному (шихтовочному) знаку, который вырубается каждым штампом на различном расстоянии от шпоночной канавки.

Шихтовочный знак обычно делается в виде одной или двух выкружек у листов якоря и ротора на внутреннем диаметре, а у статорных листов — на наружном диаметре (см. рис. 4-16).

Перед сборкой на вал листы железа должны быть сориентированы по шпоночной канавке и шихтовочному знаку.

Для этой цели применяются станки различных конструкций.

Ориентирование листов сердечников роторов. Несмотря на различное конструктивное выполнение, все станки для ориентирования листов сердечников роторов можно разделить по расположению шихтовочной оправки на два вида: с вертикальной осью вращения (рис. 5-3, а) и горизонтальной осью вращения (рис. 5-3, б).

Станок (см. рис. 5-3, а) состоит из стола 1 и закрепленных на нем электродвигателя 2 и шихтовальных головок 3 и 4.

Головки имеют для каждого типа листа ротора сменный комплект деталей: оправку 7, насадку 6 и шпонку 5.

Работает станок следующим образом. От электродвигателя через ременную передачу вращение передается шпинделям 8 головок и находящимся на них насадкам 6.

На вращающуюся насадку набрасываются листы ротора, которые за счет трения увлекаются ею и вращаются до тех пор, пока шпоночная канавка листа не совпадает со шпонкой. После этого лист ротора опускается на оправку.

Набрав определенное количество листов, сориентированных по шпоночной канавке и шихтовочному знаку, их снимают с оправки и передают на операцию набора пакета ротора на технологическую оправку или вал ротора.

При работе одновременно двух головок производительность станка повышается. В тот момент, когда с одной из них снимается пакет сориентированных листов, на второй производится их шихтовка.

Станок второго типа (см. рис. 5-3, б) также несложен по конструкции. Устанавливается он обычно около шихтовочного пневмопресса. Валик 2, закрепленный одним концом в шпинделе 3, дру-

гим — в оправке 1, получает вращение от электродвигателя 5 через шестеренчатый редуктор 4.

Листы ротора надеваются на оправку 1 и валиком оправки приводятся во вращение. При совпадении шпоночной канавки листа

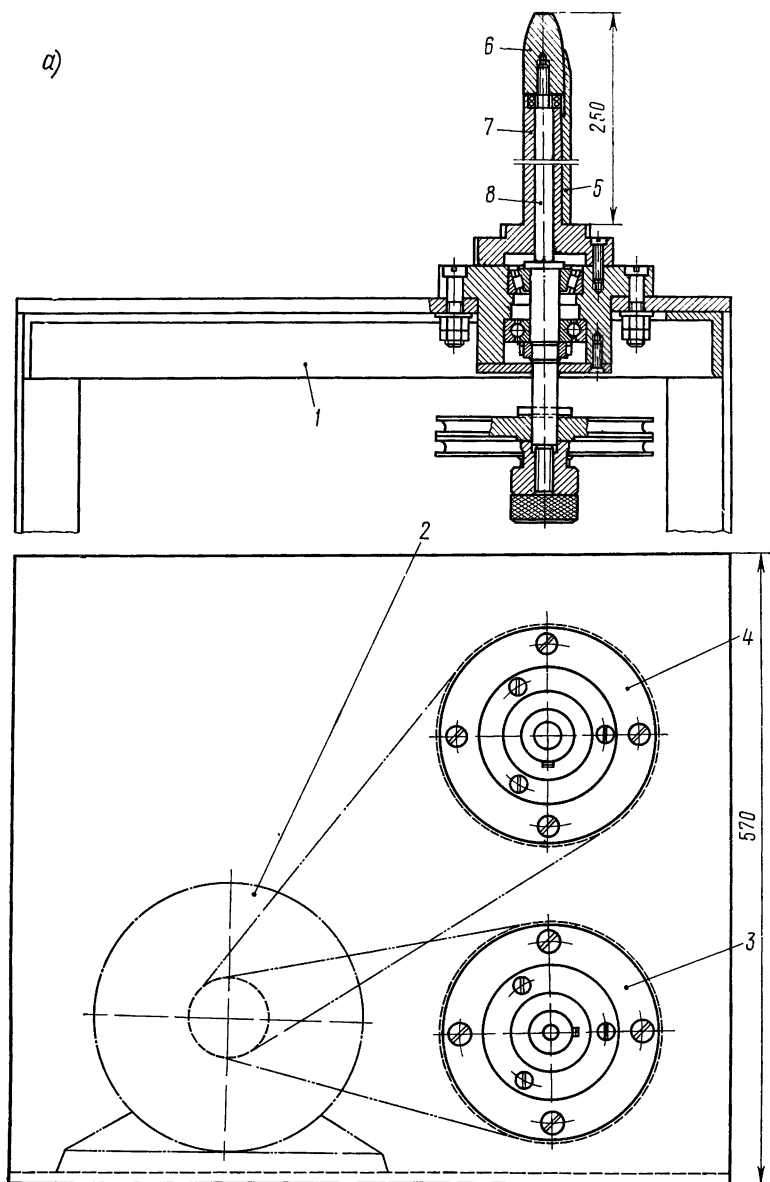


Рис. 5-3. Станки для ориентирования
а — с вертикальной осью вращения

с оправкой 1 лист перестает вращаться и заводится на ней. Каждый из описанных видов станков имеет свои достоинства и недостатки. Для ориентирования листов на станках с вертикальной осью вращения требуется для каждого типа листов изготавливать свои оправки, на станках же с горизонтальной осью вращения ориентирование листов разных типов машин можно производить без переналадки, что очень удобно в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства. Однако станки с вертикальной осью вращения более производительны, так как допускают большую скорость вращения листов при ориентировании, чем станки с горизонтальной осью вращения. При увеличении скорости вращения оправок последних, в результате инерции, листы иногда не задерживаются шпошкой, а, проскальзывая, продолжают вращаться.

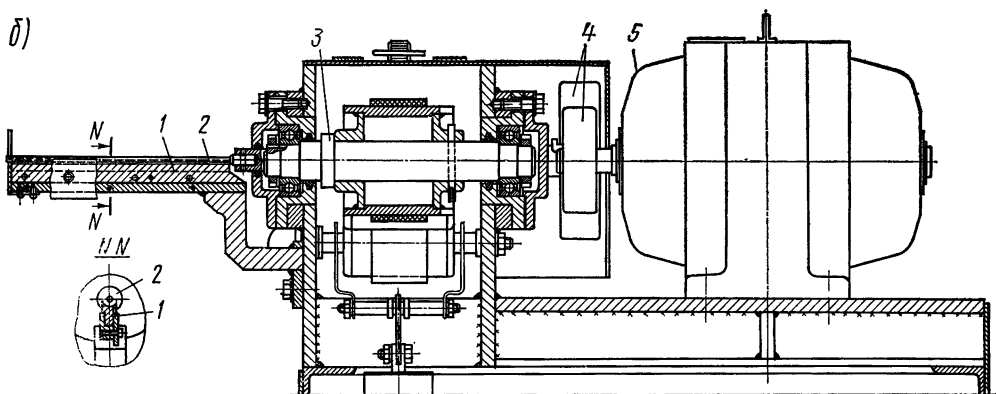
Ориентирование листов по шпоночной канавке и шихтовочному знаку якорей электрических машин постоянного тока, как правило, производится вручную. Листы якорей, имеющие открытые пазы, при малейшем изгибе зубцов сцепляются один с другим и поэтому механизировать их подбор трудно.

Ориентирование листов сердечников статоров. Для ориентирования листов статоров также применяются станки двух типов. Листы статора единой серии имеют шихтовочный знак в виде наружного выступа 2×2 мм и ориентируются на станках с вертикальной осью вращения (рис. 5-4, а).

Принцип работы таких станков аналогичен принципу работы станков для подбора листов ротора.

На рис. 5-4, б показана конструкция станка для ориентирования листов статоров крановых электродвигателей.

На металлической плите 1 смонтирована наклоняемая плита 2 с приваренной к ней станиной 4. На этой же плите установлен электродвигатель 3.



листов роторов по шпоночной канавке:
 а; б — с горизонтальной осью вращения

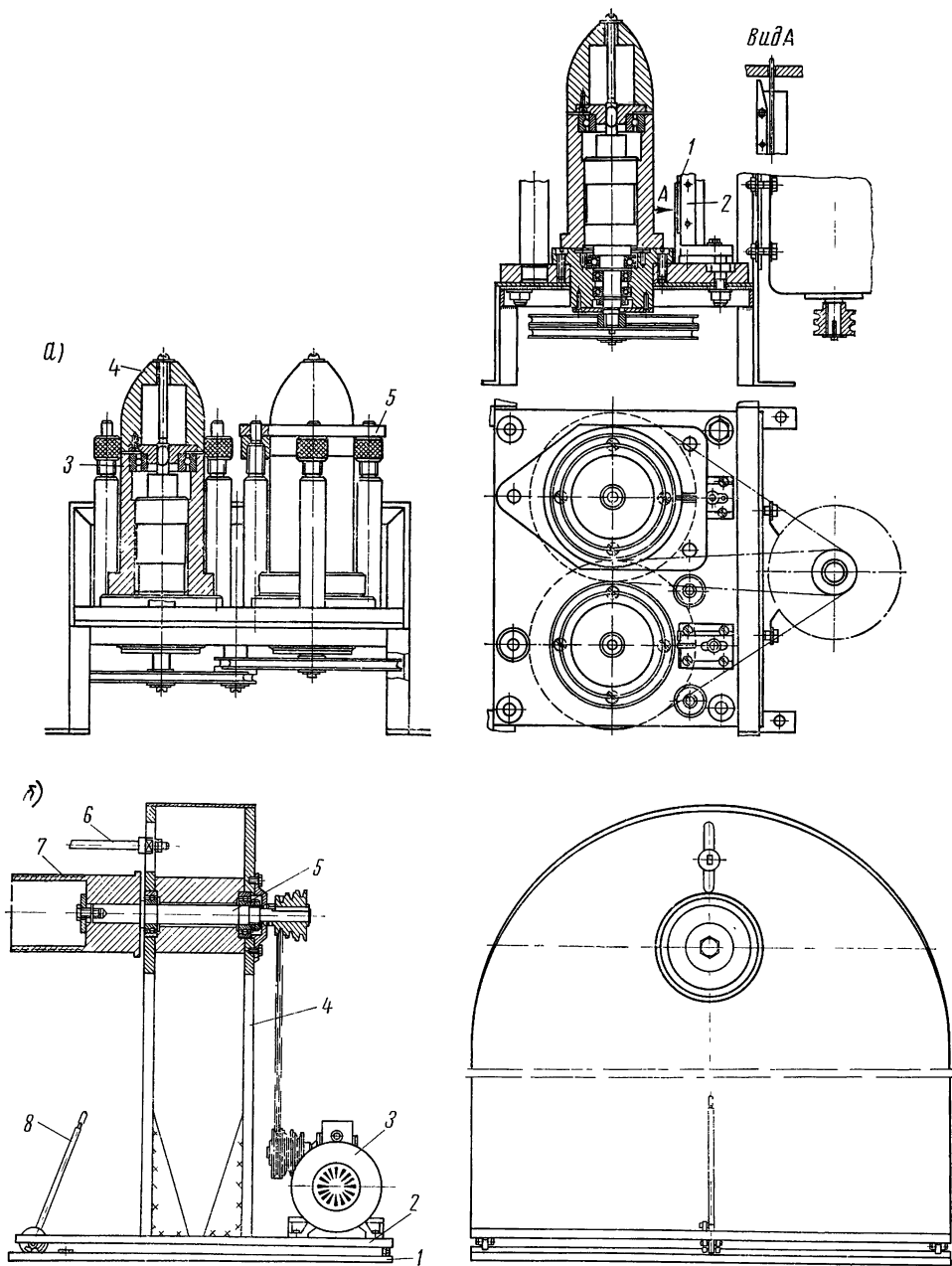


Рис. 5-4. Станки для шихтовки листов статора:

а — с вертикальной осью вращения: 1 — упор; 2 — стойка; 3 — оправка; 4 — головка;
 5 — рамка; б — с горизонтальной осью вращения

На станине смонтированы шпиндель 5 со сменной оправкой 7 и нож-улавливатель 6.

В рабочем положении шпиндель имеет наклон 5—10°, создаваемый поворотом плиты 2 с помощью рукоятки 8 с эксцентриком.

Листы статора, подлежащие ориентированию, пачками по 40—50 штук надеваются на вращающуюся оправку 7 и, увлекаемые ею, вращаются до тех пор, пока поочередно у каждого листа прямоугольная шпоночная канавка на наружном диаметре не попадет против ножа.

На станке производится ориентирование листов статора трех габаритов. Для каждого из них устанавливаются свои оправка 7 и нож 6.

§ 5-5. Шихтовка сердечников роторов, якорей, статоров

Пакеты сердечников якорей и фазных роторов шихтуются непосредственно на вал, короткозамкнутых роторов и статоров — на технологическую оправку.

В чертежах обычно указывается длина пакета сердечника или его вес, а в спецификации — среднее количество листов исходя из номинальных размеров (веса или длины).

Однако по указанному в спецификации количеству листов получить требуемую длину сердечника практически невозможно.

Причин для этого несколько. Прежде всего колебания толщины листов, которые допускает ГОСТ 802—58 для электротехнической стали до $\pm 10\%$ от номинального размера. На длину пакета также влияют величина заусенцев, неравномерность лакового покрытия, усилие спрессовки пакета.

В электромашиностроении, как в отечественном, так и зарубежном, применяются два способа сборки пакета: по весу и по длине.

При дозировании пакета по весу предварительно сориентированные по шпоночной канавке и шихтовочному знаку листы сердечника взвешиваются на весах. В пакет сердечника набирается такое количество листов, вес которых соответствует заданному чертежом. Подготовленный таким образом пакет листов собирается на оправку или вал.

При сборке пакета по длине количество листов в пакете также предварительно определяется взвешиванием.

За эталон в данном случае принимается вес пакета листов сердечника, имеющего длину, соответствующую номинальным чертежным размерам.

В дальнейшем при опрессовке пакета на гидропрессе для получения заданной длины снимается или добавляется некоторое количество листов.

Необходимость корректирования предварительно взвешенных листов для получения заданной длины вызывается колебаниями удельного веса электротехнической стали.

Разница в весе пакетов сердечников электродвигателей серии АОЛ2 из-за колебаний удельного веса составляет 1,28%.

Шихтовка сердечников роторов и якорей. Для шихтовки применяются специальные пневматические прессы (рис. 5-5). Станина прессы состоит из основания 10 и стойки 8, сваренных из швеллеров.

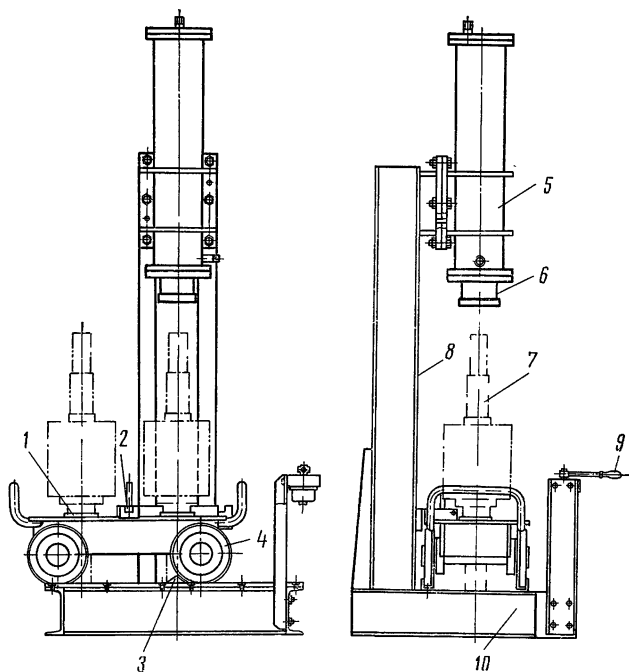


Рис. 5-5. Пневматический пресс для шихтовки пакетов сердечников на вал ротора (якоря)

На стойке укреплен пневматический цилиндр 5 с полым штоком 6. По основанию прессы передвигается тележка 4, на рабочей части которой имеются два отверстия, в которые вставляются сменные оправки 1. Тележка может перемещаться влево и вправо относительно вертикальной оси цилиндра. Ход ее ограничивается двусторонним упором 3 и фиксатором 2 в положениях, при которых ось оправки правой или левой части тележки совпадает с осью цилиндра.

Расстояние между торцом сменного наконечника штока 6 и оправкой 1, ход поршня, усилие прессы принимаются в конструкции прессы в зависимости от размеров сердечников, шихтуемых на прессе.

Пакеты сердечников на вал 7 набираются в следующей последовательности. Вал сердечника вставляется в оправку 1, опираясь на нее бортиком. Затем тележка с валом перемещается в рабочее положение — под пневматический цилиндр.

На сердечник якоря, перед установкой вала на пресс, гидравлическим прессом напрессовывается нажимная шайба, так как усилия пневматического прессы для преодоления натяга прессовой посадки, который имеет шайба якоря, недостаточно.

Из взвешенного пакета-листов, предварительно подобранных по шпоночной канавке и шихтовочному знаку, берется пачка из $50 \div 60$ штук и надевается на вал.

При помощи рукоятки 9 пневмокран переключается на пуск сжатого воздуха в верхнюю полость пневмоцилиндра, в результате чего шток поршня опускается вниз, осаживая листы на валу до нажимной шайбы. Затем пачками с указанным количеством листов насаживаются остальные листы пакета.

После того как высота шихтуемого пакета на валу будет равна $30 \div 40$ мм, в три — четыре паза на равном расстоянии друг от друга вставляются пазовые клинья для предотвращения смещения листов вокруг оси.

Последующие листы при шихтовке центрируются не только по внутреннему диаметру, но и по пазам.

Форма и размеры пазового клина в поперечном сечении выполняются по форме и размерам паза «в свету».

Высота клина берется несколько большей, чем высота шихтованного пакета. С обоих концов клина для удобства набора листов сердечников делается пологий заборный конус.

Размерами паза «в свету» называются размеры паза у собранного сердечника. Они всегда меньше размеров паза отдельного листа. Уменьшение размеров паза сердечника происходит за счет сдвига листов при шихтовке, вызванного погрешностями штамповки листов железа, зазорами между шпонкой вала и шпоночной канавкой железа, между валом и отверстием листа.

В электродвигателях малой и небольшой мощности находят применение сердечники со скошенными пазами, т. е. с пазами, расположенными под небольшим углом к продольной оси сердечника.

У асинхронных двигателей пазы скашивают у одного из сердечников ротора или статора.

Шихтовка сердечников со скошенными пазами имеет свои особенности. Собираются они из тех же листов, что и сердечники с прямыми пазами, скос же пазов получается при шихтовке (у якоря — за счет шпонки, расположенной на валу под углом к оси, а у статоров и короткозамкнутых роторов — за счет шихтовочных приспособлений, у которых имеется специальный стержень, расположенный под необходимым углом).

При шихтовке короткозамкнутых роторов листы сердечника надеваются на стержень приспособления одним из пазов, а при шихтовке статоров на стержень лист надевается шпоночной канавкой.

У короткозамкнутых роторов с диаметром вала до 40—50 мм залитый пакет напрессовывается на rifленую часть вала.

У роторов больших размеров пакет на валу крепится с помощью шпонки. При запрессовке на вал такому пакету необходимо сооб-

щить два движения: поступательное и вращательное (при скосе пазов у пакета скашивается и шпоночная канавка), а сделать это очень сложно. В таких двигателях предпочитают делать скос у пазов статора.

Шихтовка сердечников статоров. При шихтовке пакета статора, кроме получения чистой и ровной поверхности паза, ставится также задача получить чистую и ровную поверхность внутреннего диаметра пакета. Это нужно для того, чтобы избежать в дальнейшем ее обработки.

У единой серии электродвигателей мелких и средних габаритов пакет железа статора шихтуется обычно на технологическую оправку с базой по внутреннему диаметру. Этим обеспечивается получение заданных размеров и качественной поверхности внутреннего диаметра статора, а возможные сдвиги листов за счет величины зазора между внутренним диаметром листов и оправкой получаются на наружном диаметре пакета.

При шихтовке статора необходимо также применять пазовые клинья.

Пакеты статоров крановых электродвигателей первых пяти величин шихтуются непосредственно в станину. Базой при этом являются внутренний диаметр станины и наружный диаметр цилиндра-оправки, вставляемый в станину. Наружный диаметр оправки изготавливается с ходовой посадкой.

При таком способе шихтовки удается получить достаточно чистую и ровную поверхность, не требующую дальнейшей обработки. Шихтуются статоры также на пневматических прессах.

Из зашихтованного статора оправка после опрессовки пакета гидравлическим прессом выталкивается давлением пресса.

При шихтовке статоров средних и крупных габаритов с центральной оправкой из-за большого контакта с поверхностью пакета оправка сильно заклинивается. Для удаления оправки из пакета требуется значительное усилие, приводящее к деформации зубцов пакета. Поэтому листы таких статоров шихтуются в станину без оправки вручную.

Для осадки листов применяется подбойка, представляющая собой металлическое кольцо с приваренными к нему ручками, согнутыми из пруткового материала.

Процесс шихтовки малопроизводителен, после сборки пакета и его опрессовки приходится растачивать внутренний диаметр статора. Операция расточки очень нетехнологична.

Если обрабатывать резцом внутренний диаметр статора без дополнительного крепления зубцов пакета, то неизбежен сдвиг отдельных зубцов от усилий резания. При расточке пакета после обмотки и пропитки статора трудно предохранить обмотку от попадания в нее металлической стружки, которая в дальнейшем может быть причиной повреждения изоляции. Целесообразнее растачивать пакет статора до укладки обмотки, расклинив каждый паз металлическими закаленными клиньями.

Растачиваются статоры на карусельных или расточных станках. При обработке на карусельных станках за базу принимается один из замков статора. Базой при обработке на расточных станках служат опорные поверхности лап и два диагонально расположенных отверстия в них.

В этой операции, кроме обработки внутреннего диаметра статора, растачиваются окончательно и замковые поверхности с обеих сторон станины. При такой обработке достигается высокая соосность указанных поверхностей.

§ 5-6. Прессовка сердечников

При шихтовке сердечников не удается получить монолитный пакет, так как усилия пневматического пресса для этого недостаточно, поэтому сердечники приходится опрессовывать на гидравлическом

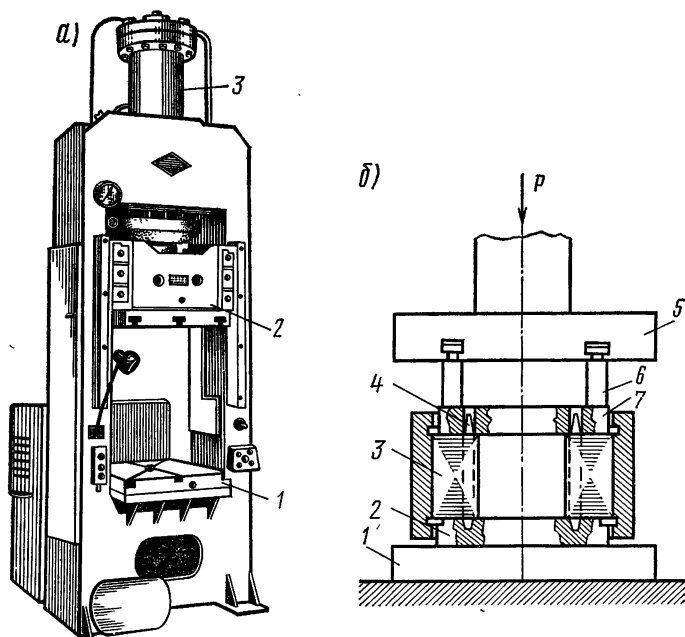


Рис. 5-6. Гидравлический пресс и схема опрессовки сердечника:

a — гидравлический пресс: 1 — стол; 2 — подвижная траверса; 3 — гидроцилиндр; *б* — схема опрессовки сердечника: 1 — стол; 2 — нижняя оправка; 3 — пакет сердечника; 4 — пазовый клин; 5 — подвижная траверса; 6 — колонка; 7 — верхняя оправка

прессе (рис. 5-6), имеющем большее давление. На первый взгляд кажется, что чем большим давлением будет спрессован пакет, тем и плотнее он будет. Однако было замечено, что после определенной величины усилия спрессовки плотность пакета увеличивается незначительно, но начинают возрастать у такого пакета удельные потери в стали.

При большом давлении спрессовки за счет главным образом заусенцев происходит повреждение изоляции, вследствие чего уменьшается переходное сопротивление, приводящее к ухудшению магнитных свойств стали.

Возрастание потерь после этого будет тем большим, чем больше величина давления при спрессовке. Для того чтобы иметь хорошо спрессованный пакет и не получить большого ухудшения магнитных свойств, применяют ступенчатую спрессовку.

Вначале пакет железа спрессовывается большим давлением и при этом достигается монолитность пакета, но может происходить некоторое ухудшение магнитных свойств. Однако после снятия давления эти свойства восстанавливаются.

Затем при насадке, запирающей пакет детали, например шайбы якоря (см. рис. 5-1), сердечник допрессовывается меньшим давлением, при этом магнитные свойства стали ухудшаются незначительно. Величина давления при спрессовке и допрессовке определяется расчетом.

Сила спрессовки и допрессовки зависит от длины пакета, площади листа и характера посадки листа железа на вал.

По данным [7], хорошую плотность пакета при низком уровне потерь можно получить при спрессовке с усилием $9,81 \text{ Мн/м}^2$ (100 кг/см^2) и допрессовке $3,92\text{—}5,89 \text{ Мн/м}^2$ ($40\text{—}60 \text{ кг/см}^2$).

В процессе спрессовки, когда пакет находится под давлением, его длину измеряют шаблоном или штангенциркулем. Для прохода измерительного инструмента в оправках должны быть предусмотрены вырезы.

§ 5-7. Обработка пазов сердечников

Размеры и качество поверхности пазов сердечников зависят от точности штамповки листов, состояния оснастки и точного выполнения технологического процесса сборки.

У сердечников, собранных из листов, вырубленных пазовым штампом, размеры пазов будут иметь большие колебания и поверхность их будет более шероховатой, чем у сердечников, собранных из листов, полученных штамповкой совмещенным штампом.

Если шихтовка сердечников производится на изношенные оправки, а в пазы пакета вставляются потерявшие размер клинья, к тому же вместо четырех один, то трудно получить высокое качество пазов.

В производственных условиях в той или иной мере приходится обрабатывать механическим путем каждый паз сердечника.

Перед обработкой прежде производят правку листов. Эта операция необходима для выравнивания пазов, так как отдельные листы могут иметь сдвиги зубцов.

Для правки сердечников и роторы и якоря устанавливают шейками вала на специальные стойки с роликовыми опорами, на которых они могут поворачиваться вокруг своей оси.

Правят пазы ударами молотка по оправке, вставленной конусом в паз. Оправка представляет собой пластину длиной 200—300 мм и несколько большую по ширине паза сердечника. С одной стороны пластина имеет пологий конус, которым она и входит в начало паза.

Правке подвергается каждый паз сердечника, у длинных пакетов при правке пазов приходится перемещать пластину вдоль паза.

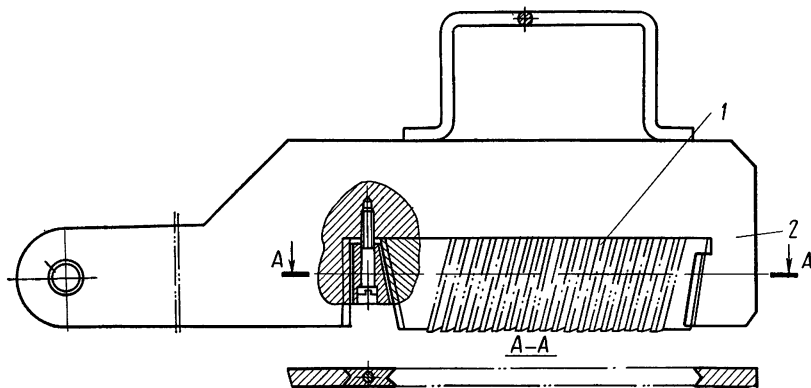


Рис. 5-7. Протяжка для протягивания пазов сердечника якоря:
1 — протяжка; 2 — держатель

Наиболее распространенными способами обработки сердечников являются обработка пазов пазовыми напильниками и протягивание протяжками.

Пазовые напильники в своем поперечном сечении имеют форму паза сердечника, для которого они предназначены, только несколько меньших размеров, чтобы напильник можно было вставить в паз. Длина напильника должна быть больше длины пакета сердечника на 150—200 мм.

При опиловке напильниками по периметру паза снимаются заусенцы и зашлифовываются отдельные выступающие листы; размеры паза при этом не изменяются.

Опиловка напильниками производится вручную и применяется для сердечников со всыпной обмоткой.

При укладке шаблонных катушек в открытые и полуоткрытые пазы сердечника, кроме чистой поверхности, необходимо также иметь достаточно точные размеры паза. Для этого их обрабатывают протяжками на протяжных станках.

Протяжка (рис. 5-7) представляет собой сложный и дорогостоящий инструмент, изготавливаемый из легированных инструментальных сталей ХВГ или Р-18.

Зубья протяжки делятся на режущие и калибрующие. Первый режущий зуб имеет наименьшие размеры, каждый последующий зуб больше предшествующего на величину 0,05—0,08 мм, называемую *подъемом на зуб*. Калибрующие зубья по форме и размерам должны

соответствовать форме и размерам готового паза. Калибрующих зубьев бывает четыре — пять. При переточках размер каждого зуба понижается. Таким образом, после каждой переточки первый калибрующий зуб становится последним режущим. Размеры первого зуба определяются исходя из наименьшего возможного размера паза, полученного при шихтовке.

На протяжных станках пазы сердечника протягиваются поочередно. Для этого сердечник устанавливают на специальное приспособление, которое воспринимает усилие резания и позволяет поворачивать сердечник для обработки каждого паза, совмещая при этом ось паза и ось ползуна станка.

После протягивания пазы сердечников имеют ровную и гладкую поверхность и точные размеры.

Для предохранения обмотки от повреждения на выходе из паза острые кромки паза скругляют напильником вручную, если не предусмотрена постановка с торца сердечника крайних листов из мягкого изоляционного материала.

У сердечников якорей тяговых и крановых электродвигателей у пакета склеенных крайних листов специальным штампом на эксцентриковом прессе снимается пологая фаска с обеих сторон паза.

§ 5-8. Сборка сердечников главных полюсов

Сердечник главного полюса собирается из листов, вырубленных одним штампом. Листы в пакете располагают в том же положении, как они штамповались, определяя это положение по технологической лунке сбоку листа.

Пакет собирают (рис. 5-8, а) в следующей последовательности. В приспособлении укладывается подкладка с кернами (рис. 5-8, б), на нее — одна из боковин со вставленными в отверстия двумя заклепками. На заклепки набирается полный пакет листов, устанавливается другая боковина, запрессовываются остальные заклепки и стержень. Положив на собранный пакет подкладку с отверстиями под шпильки и стержень (рис. 5-8, в) и включив пресс, сердечник опрессовывают. Затем, сменив подкладку с отверстиями на подкладку с кернами, развальцовывают четыре заклепки с обеих сторон.

В последующей операции у сердечника на фрезерном станке фрезеруют углы.

§ 5-9. Автоматизация сборки сердечников

Изготовление сердечников — процесс трудоемкий, несмотря на механизацию отдельных операций (ориентирование железа по шпону канавке, шихтовка на пневмопрессах).

Повышение производительности труда может быть достигнуто только лишь за счет автоматизации всего процесса.

Институтом ВНИИТэлектропром разработан ряд полуавтоматов для сборки пакетов статоров микродвигателей и электродвигателей

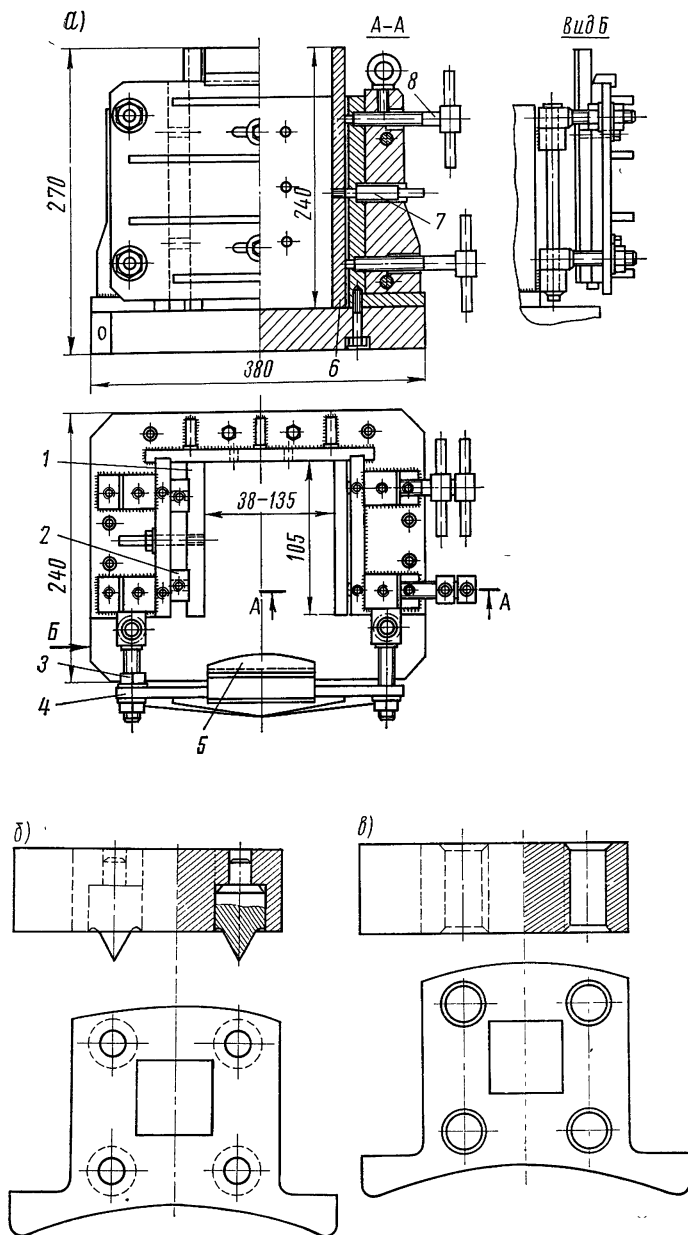


Рис. 5-8. Универсальное приспособление для сборки и опрессовки сердечников главных полюсов:

а — приспособление: 1 — переставная боковина; 2 — сменные прокладки; 3 — гайка; 4 — планка; 5 — передний прижим; 6 — передвижная боковина; 7 — пружина; 8 — регулировочный винт; б — подкладка с кернами; в — подкладка с отверстиями

единой серии 1—5-го габаритов. На полуавтоматах выполняются все сборочные операции, начиная с отделения необходимого количества листов и кончая выдачей готового пакета.

Полуавтомат (рис. 5-9) имеет приемный поворотный стол 1 с четырьмя загрузочными оправками, на которые с помощью цеховых

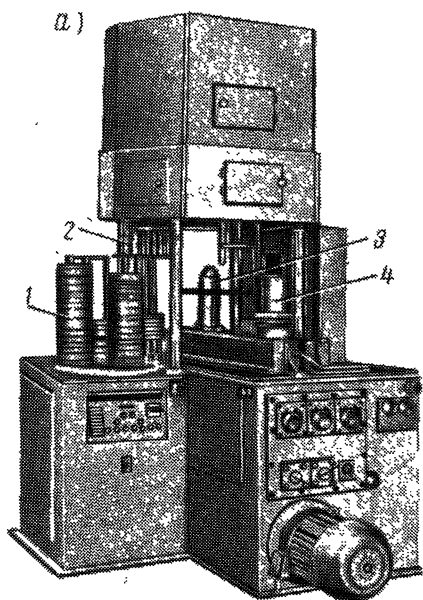
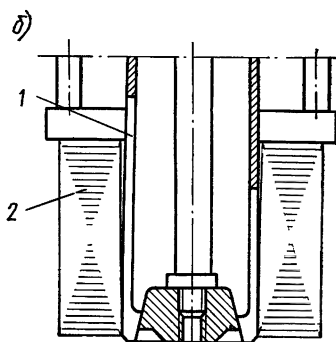


Рис. 5-9. Полуавтомат для сборки пакетов статора электродвигателей А2 и АО2 1—2-го и 3—4-го габаритов:

а — полуавтомат; б — дозирующая цанга полуавтомата



подъемно-транспортных средств загружаются листы статора, подлежащие шихтовке.

На рабочих позициях станка производятся дозировка пакета по длине, шихтовка на специальную оправку с опрессовкой пакета, напрессовка пакета на технологическую оправку.

Работает полуавтомат в следующей последовательности. При включении станка загрузочная оправка вместе с находящимися на ней листами статора перемещается автоматически на позицию дозировки. На этой позиции с помощью дозирующей цанги 1 (рис. 5-9, б) определяется необходимая длина пакета 2.

Операция выполняется следующим образом: цанга и загрузочная оправка с листами статора смыкаются, при этом цанга в разжатом состоянии входит внутрь пакета статора. Под определенным давлением листы железа статора спрессовываются. Конус цанги при движении вверх распирает стенки цанги, отсекая заданное количество

листов. При размыкании разгрузочной оправки и цанги на последней прочно удерживается отсеченный пакет листов статора, который в таком виде переносится на позицию шихтовки.

Пакеты статора, отсеченные при давлении 14715 н (1500 кг), имеют колебания в весе плюс — минус вес одного листа, а пакеты, сжатые с усилием 98100 н (10 Т), имеют длину в пределах $\pm 0,5$ мм (толщина одного листа). Эти цифры соответствуют нормам, указанным в чертежах пакетов сердечников асинхронных электродвигателей единой серии.

Метод дозирования пакета по длине под давлением на дозировочной цанге свободен от неточностей определения размеров пакета сердечника по весу или длине, применяемых при обычной шихтовке.

Для выполнения операции шихтовки дозировочная цанга 2 (рис. 5-9, а), находящаяся в верхней части станка с пакетом листов, перемещается на следующую позицию, останавливаясь над шихтовочной оправкой 3.

На позиции шихтовки листы статора при помощи толкателей сталкиваются с дозировочной цангой и, попадая на вращающуюся головку оправки, вращаются с ней до тех пор, пока наружный шихтовочный выступ не совпадет с пазом шихтовочной линейки, после чего лист статора проваливается на оправку под действием собственного веса. Затем пакет статора снимается с шихтовочной оправки и переносится на следующую позицию напротив технологической оправки 4, на которой и опрессовывается.

Для скрепления в наружные пазы пакета вручную вставляют пластины, концы которых загибают на торцы пакета. Затем пакет специальным захватом снимается с оправки и выносится из рабочей зоны станка. Автоматизация процесса шихтовки позволяет значительно повысить производительность труда и облегчает труд рабочих.

ГЛАВА VI

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОЛЛЕКТОРОВ И КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

§ 6-1. Типы коллекторов и технические требования к ним

Коллекторы электрических машин по расположению рабочей поверхности разделяются на цилиндрические и торцовые, причем первые распространены шире. Торцовые коллекторы применяются в специальных электрических машинах и микродвигателях.

По способу закрепления комплекта медных и миканитовых пластин коллекторы разделяются на коллекторы с креплением стальными конусами и втулкой и коллекторы на пластмассе.

Крепление пластин при помощи стальных конусов производится двумя способами: а) усилие от зажима передается только на внутреннюю поверхность ласточкина хвоста; б) коллекторные пластины крепятся «враспор», усилие от зажима при этом передается на ласточкин хвост и конец пластины.

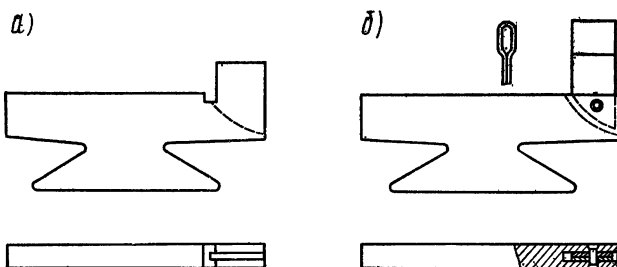


Рис. 6-1. Конструкции коллекторных пластин:
а — с цельным петушком; б — с отдельным петушком

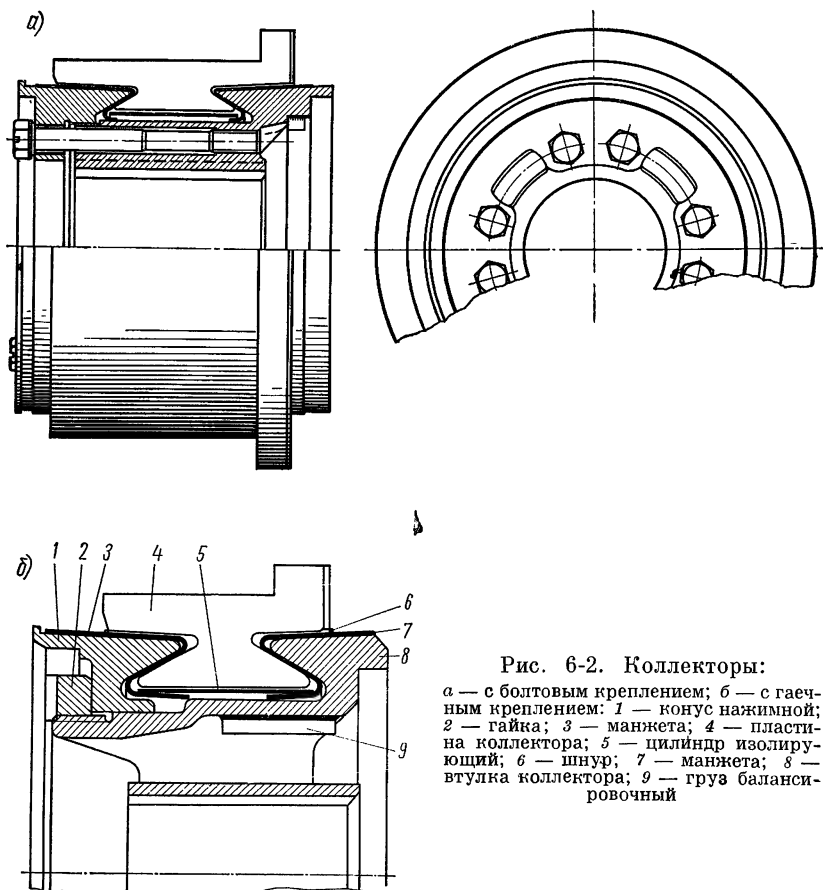


Рис. 6-2. Коллекторы:

а — с болтовым креплением; б — с гаечным креплением: 1 — конус нажимной; 2 — гайка; 3 — манжета; 4 — пластина коллектора; 5 — цилиндр изолирующий; 6 — шнур; 7 — манжета; 8 — втулка коллектора; 9 — груз балансирующий

В первом случае коллекторы называют *арочными*, во втором — *клиновыми*. При арочном креплении пластин коллектора, в случае ослабления давления между пластинами из-за усадки миканита, можно производить подпрессовку коллектора, поддерживая тем самым необходимое давление. Благодаря этому арочные коллекторы получили наибольшее применение.

Коллекторы электрических машин отличаются также конструкцией медных пластин. Медные коллекторные пластины изготавливаются с петушками, выполненными за одно целое с пластинками, или с отдельными петушками, припаянными или приклепанными к пластине (рис. 6-1).

Применение коллекторных пластин с отдельными петушками позволяет сэкономить значительное количество меди, однако такая конструкция коллекторов является менее прочной, чем с целыми петушками, и не может быть рекомендована для реверсивных электрических машин.

На рис. 6-2 изображены конструкции коллекторов с гаечным и болтовым креплением.

При разработке технологического процесса изготовления коллекторов необходимо обеспечить выполнение следующих требований, предъявляемых к коллекторам:

- 1) монолитность конструкции;
- 2) способность сохранять геометрическую форму в условиях нагрева при работе электрической машины;
- 3) равномерное и без перекосов расположение медных пластин и миканитовых прокладок по окружности коллектора.

Качество коллекторов во многом зависит от точности соблюдения технологического процесса.

§ 6-2. Изготовление коллекторных пластин

Конструкция пластин. Коллекторные пластины изготавливаются из холоднокатаной меди трапециевидального сечения (рис. 6-3, а). Для большинства коллекторов применяется медь марки М1 ГОСТ 859—66), а для скоростных и наиболее ответственных машин — кадмиевая медь (с содержанием 1% кадмия); для некоторых специальных машин — медь с присадками серебра, циркония и др.

При изготовлении профильной меди для пластин коллекторов кабельные заводы руководствуются ГОСТ 3568—47, который устанавливает допуски на изготовление, методы контроля и требования к качеству поверхности.

Стандарт не устанавливает определенных размеров a , h и α , они должны быть оговорены в заказе электромашиностроителями, причем размер a должен быть кратным 0,01; h — 0,5.

ГОСТ 3568—47 предусматривает два класса точности на изготовление размера a (табл. 6). По какому из них должна быть изготовлена медь, указывается в заказе.

Допускаемые отклонения размеров коллекторной меди, мм

Размер a	Допускаемые отклонения по классам точности		Размер h	Допускаемые отклонения
	3а	4		
До 3	—0,04	—0,06	До 18	—0,2
Свыше 3 до 6	—0,05	—0,08	Свыше 18 до 30	—0,3
Свыше 6 до 10	—0,06	—0,10	Свыше 30 до 50	—0,6
Свыше 10 до 18	—0,07	—0,12	Свыше 50 до 105	—1,0

Проверяют размер a и угол α предельным шаблоном (рис. 6-3, б). Толщина шаблона не более 4—5 мм, точность изготовления рабочих размеров — 0,005 мм.

Размеры a будут соответствовать допускаемым в том случае, если медь не будет выступать выше верхнего среза ($a_{\text{наиб}}$) и утопать за нижний срез ($a_{\text{наим}}$). Эти положения легко определить по просвету между медью и поверочной лекальной линейкой, наложив последнюю на срез шаблона.

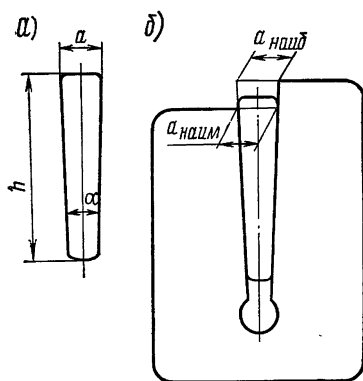


Рис. 6-3. Профиль коллекторной меди и шаблон для проверки профиля:

a — профиль меди; б — шаблон

Правильность угла α проверяется плотностью прилегания сторон профиля меди к сторонам шаблона. Здесь допускается просвет, величина которого определяется щупом. Между стороной профиля и шаблона в зазор не должны входить щупы толщиной 0,05 мм при $h = 30 \div 80$ мм и 0,08 мм при $h = 80 \div 105$ мм.

Размер h контролируется скобой или универсальными измерительными средствами.

Технологический процесс изготовления медных коллекторных пластин состоит из операций резки или штамповки, правки, фрезерования и лужения шлица, контрольных операций.

Резка или штамповка меди. Электромашиностроительные заводы получают коллекторную медь с кабельных заводов в виде полос длиной от 1,5 до 3,5 м.

В зависимости от толщины медной пластины и типа производства заготовки коллекторных пластин получают резкой полосы на горизонтально-фрезерных или специальных станках или штамповкой в штампе на эксцентриковых прессах.

Коллекторные пластины толщиной до 10 мм чаще всего вырубаются штампом на эксцентриковых прессах с окончательным профилем для коллекторов на пластмассе и с учетом припуска по ласточ-

кину хвосту на токарную обработку (для коллекторов на металлической втулке).

Штамповка пластин дает возможность получить отходы меди в виде массивных кусочков, а не в виде стружки, смешанной с миканитовой крошкой.

Комплект пластин, собранный из штампованных заготовок, требует меньшего времени на токарную обработку ласточкина хвоста.

Правка пластин. После штамповки или резки медные пластины имеют заусенцы, кривизну и другие дефекты. Заусенцы должны быть опилены, а пластина выправлена.

Правка пластин производится на стальной плите ударами медного молотка или специальным штампом на фрикционном прессе.

Процесс правки пластин вручную медным молотком на стальной плите очень трудоемкий, требующий большого навыка.

Механизированная правка пластин в специальном штампе на фрикционном прессе более производительна, чем правка вручную, однако из-за упругих деформаций меди качество правки не всегда бывает высоким. На рис. 6-4 показана конструкция штампа для правки медных пластин коллектора на фрикционном прессе.

В рабочую зону штампа пластина, подлежащая правке, укладывается на матрицу и снимается с нее после правки пинцетом.

На рабочих поверхностях матрицы и пуансона сделаны продольные острые выступы высотой 0,3 мм через каждый 5 мм.

При ударе выступы рабочих частей штампа внедряются в пластину, растягивая верхний слой металла, и таким образом выправляют пластину в целом.

Фрезерование шлицев. В коллекторных медных пластинах с петушками, выполненными за одно целое с пластиной, должен быть профрезерован шлиц для вкладывания проводников обмотки.

Шлицы коллекторных пластин могут быть профрезерованы как в отдельных пластинах до сборки, так и в собранном коллекторе. Оба способа имеют свои преимущества и недостатки.

При фрезеровании шлицев в отдельных пластинах до сборки в случае брака может быть выброшена только одна пластина. Брак при фрезеровании шлица в собранном коллекторе хотя бы в одной пластине приведет к неисправимому браку всего коллектора.

Брак при фрезеровании глубоких шлицев в тонких пластинах из-за смещения прорези с середины и связанной с этим срезом щетки — явление не редкое. Поэтому в коллекторах с тонкими пластинами фрезерование шлицев лучше осуществлять до сборки.

Фрезерование шлицев в коллекторных пластинах до сборки производится на специально оборудованных горизонтально-фрезерных станках или специальных полуавтоматах. При фрезеровании шлицев в собранном коллекторе экономится вспомогательное время, связанное с установкой и снятием детали.

На одном из заводов все операции по изготовлению медных коллекторных пластин для тяговых электродвигателей электровозов полностью автоматизированы.

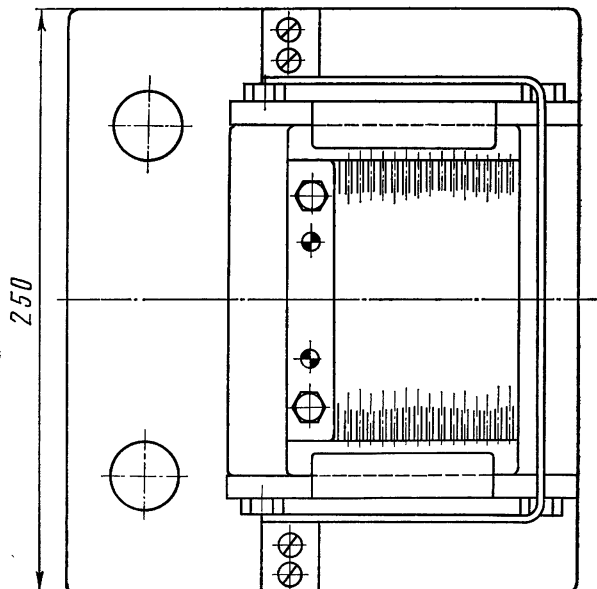
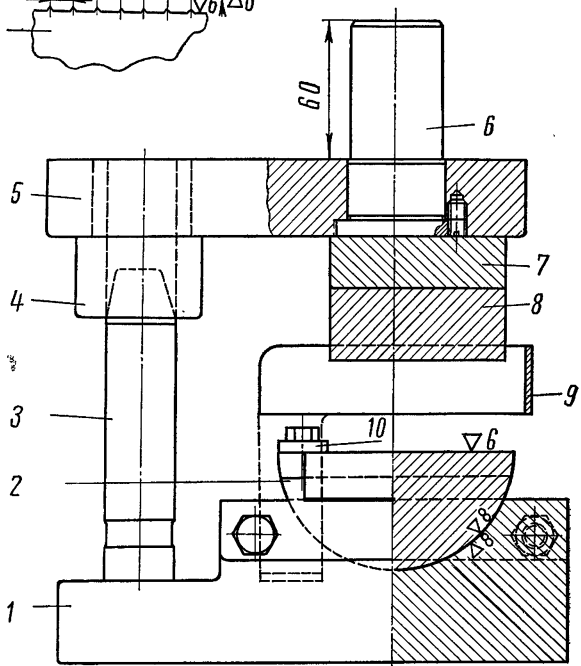
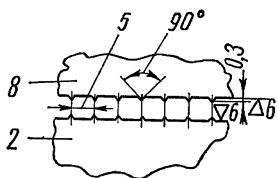


Рис. 6-4. Штамп для правки медных пластин коллектора:

1 — плита нижняя; 2 — матрица; 3 — колонка; 4 — втулка направляющая; 5 — плита верхняя; 6 — хвостовик; 7 — прокладка; 8 — пуансон; 9 — ограждение; 10 — упор

На автоматической линии (рис. 6-5), состоящей из автоматических устройств, последовательно выполняются девять технологических операций.

Медные полосы укладываются в загрузочное устройство 8, из которого механизм подачи 7 толкает полосу 6 в штамп на шаг, равный длине коллекторной пластины. На чеканочном прессе 5 в штампе последовательно выполняются операции: правка пуансоном и матрицей с вафельной насечкой, вырубка контура пластины, правка пуансоном и матрицей с плоскими рабочими поверхностями, отрубка пластины от полосы.

Отрубленная пластина при помощи передающего механизма 4 подается на пластинчатый конвейер 1, который транспортирует ее

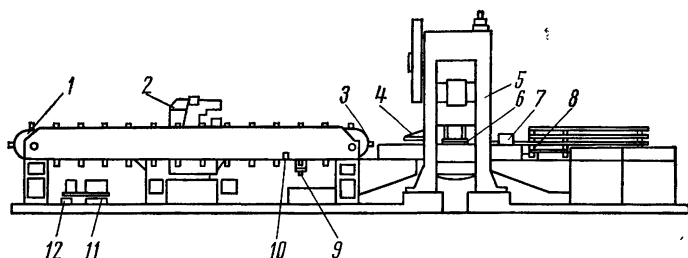


Рис. 6-5. Автоматическая линия изготовления коллекторных пластин

к горизонтально-фрезерному станку 2. На станке производится фрезерование шлица в петушке коллекторной пластины. Установка пластины в тиски станка, выем обработанной детали с последующей установкой в зажим конвейера производятся при помощи манипулятора.

В ванне 12 пластина покрывается флюсом, а в ванне 11 производится лужение шлица. Боковые поверхности шлица облуживаются при помощи пластины-вставки, вводимой в шлиц петушка. Пластина-вставка периодически окунается в ванну с припоем. Готовые пластины, освобождаемые из зажимов 3, 9 конвейера, падают в бункер. Электроимпульсный счетчик 10 показывает количество обработанных пластин. Такт линии 7 сек:

§ 6-3. Изготовление коллекторных прокладок

Медные коллекторные пластины изолируются друг от друга в коллекторе прокладками, изготавливаемыми штамповкой из листового коллекторного материала: миканита, слюдинита или слюдопласта.

Коллекторный миканит электроизоляционными заводами выпускается четырех марок (КФШ, КФГ, КФГС и КФА) в виде листов толщиной от 0,4 до 1,5 мм (через каждый 0,1 мм) и размерами сто-

рон не более 215×465 мм (ГОСТ 2196—60). Значения букв в марке миканита: К — коллекторный; Ф — флогонит; Ш — шеллак; Г — глифталевая смола; А — аммоний.

Миканиты марок КФГС и КФА применяют для изготовления коллекторов высоких классов нагревостойкости (до $180-200^\circ$).

Коллекторные слюдинит и слюдопласт, исходным сырьем для изготовления которых служат непромышленные отходы слюды (мелкие частицы), были созданы как заменители коллекторного миканита, изготавливаемого из дефицитной щипаной слюды.

Согласно ГОСТ 12127—66 коллекторный слюдинит (марка КСШ) выпускается листами длиной от 600 до 650 мм, шириной от 215 до 400 мм и толщиной от 0,5 до 1,2 мм. Буквы КСШ означают: К — коллекторный; С — слюдинит; Ш — шеллак. Коллекторный слюдинит применяется в низковольтных машинах классов А и В.

Коллекторный слюдопласт марки КСФШ-1 изготавливается заводами также в виде листов. Требования к нему изложены в МРТУ- 21-18-66.

К коллекторным материалам в стандартах изложен ряд требований, важнейшие из которых приведены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Сравнительные характеристики коллекторных материалов
(толщиной от 0,7 мм)

Характеристики	Миканит, ГОСТ 2196-60	Слюдинит, ГОСТ 12127-66	Слюдопласт, МРТУ-21-18-66
Допускаемое отклонение по толщине (среднее), мм	$\pm 0,04$	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$
Расслаиваемость, %	Не более 5	Не более 4	Не более 5
Содержание смолы, %	Не более 4	$5 \div 9$	Не более 6
Суммарная усадка, %	Не более 10	Не более 10	Не более 7
Средняя электрическая прочность при температуре 20° , кВ/мм	Не менее 18	Не менее 20	Не менее 20

При нагреве в результате запечки склеивающего вещества (смолы) материал пластины уменьшается по толщине — «садится». В связи с этим стандартом ограничиваются содержание смолы и процент суммарной усадки при температуре плюс 20° с повышением давления до 59 Мн/м^2 (600 кг/см^2) и при давлении 59 Мн/м^2 (600 кг/см^2) с повышением температуры от $+20^\circ$ до $+160^\circ$.

Для обеспечения плотного прилегания миканитовых прокладок к медным пластинам регламентируются колебания толщины листов в отдельных точках.

Коллекторные слюдинит и слюдопласт имеют ряд преимуществ перед коллекторным миканитом. Они более эластичны и равномерны по толщине, имеют равномерные электрические свойства, меньшую усадку и расслаиваемость при резке на полосы и штамповке в пластины, значительно дешевле миканита. К недостаткам слюдинитовой

изоляции относится меньшая, чем у слюдопластовой, механическая прочность.

Наиболее технологичным материалом является слюдопласт. При сборке коллекторов у прокладок из этого материала поверхностного отслаивания не происходит.

Слюдяные изоляционные материалы относятся к дорогим материалам (1 кг коллекторного миканита марки КФА стоит 11 руб. 80 коп.).

При конструировании штампов для вырубки прокладок следует применять по возможности безотходную штамповку. Для лучшего раскрытия листы необходимо заказывать определенных размеров, стандарт разрешает изготовление листов с размерами по согласованию сторон. С заводов-изготовителей изоляции поставляется в пачках с проложенной между листами бумагой. Пачки завернуты во влагонепроницаемую бумагу.

При изготовлении коллекторных прокладок следует принимать меры предосторожности от повреждения их в процессе производства. Вырубленные прокладки из листов одной и той же толщины должны поступать на сборку коллектора в пачках с определенным количеством листов, завернутых в бумагу. На каждой пачке необходимо указывать количество листов, марку и толщину изоляционных прокладок.

§ 6-4. Изготовление миканитовых манжет

Коллекторные миканитовые манжеты изготавливаются из формовочного миканита ГОСТ 6122 — 60 марок ФМГ, ФМГА, ФМШ, ФША для машин с изоляцией класса В и марок ФФК, ФФКА — с изоляцией класса Н.

Содержание летучих веществ в миканите всех марок не более 1%.

Значение букв в марках миканита: первая буква Ф — формовочный, вторая Ф — флогопит, Г — глифталевая смола, Ш — шеллак, К — кремнийорганическая смола. Марка ФМГ расшифровывается: формовочный миканит из слюды мусковит, скленный глифталевой смолой.

По своей конструкции миканитовые манжеты бывают цельными (рис. 6-6, а) или составными из отдельных сегментов (применяются в коллекторах крупных машин).

Как цельные манжеты, так и отдельные сегменты состоят из нескольких слоев формовочного миканита, склеенных связующим веществом и опрессованных при большом давлении и высокой температуре.

Технологический процесс изготовления манжет состоит из операций заготовки сегментов формовочного миканита и прессовки сегментов в пресс-формах.

Заготовка сегментов формовочного миканита. Заданная чертежом форма манжеты получается из заготовки миканита, имеющей форму сегмента и перегнутой в пресс-формах под нужными радиусами.

Размеры заготовки-сегмента (рис. 6-6, б) не могут быть произвольными, они рассчитываются по формулам, приводимым в заводских технологических инструкциях.

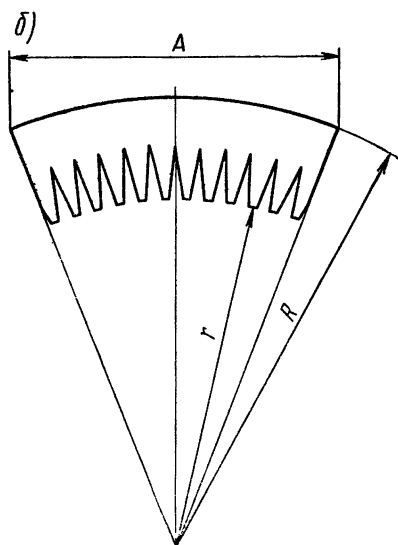
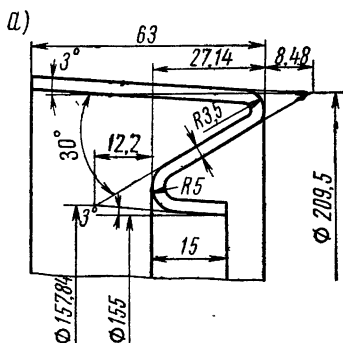


Рис. 6-6. Миканитовая манжета:
а — чертеж манжеты; б — заготовка-сегмент для изготовления миканитовой манжеты; R — наружный радиус сегмента; r — внутренний радиус сегмента; A — длина сегментов

Во избежание получения утолщений и складок на меньших диаметрах при перегибах сегментов на заготовках делаются вырезы.

В связи со значительным колебанием толщины листов формовочного миканита сегменты для изготовления манжет берутся не по счету, а по весу.

По рассчитанным размерам сегмента изготавливается шаблон-выкройка, по которой производится разметка миканита для вырезки заготовок.

Миканитовые листы для вырезки складываются стопкой высотой до 20 мм.

Вырезаются сегменты заготовки с зубцами на ленточной пиле.

Процесс вырезки сегментов пилой трудоемкий, поэтому при изготовлении большого количества конусов заготовки-сегменты вырубаются штампом.

Прессовка манжет. Взвешенные заготовки-сегменты раскладываются на две стопки с одинаковым количеством сегментов.

В каждой стопке одна сторона заготовки смазывается тонким слоем шеллачного лака и сегменты склеиваются между собой со сдвигом на $1/4$ ширины зубца с таким расчетом, чтобы при закладке их в пресс-форму перекрытие распределилось равномерно по всей длине окружности.

Перед прессовкой обе стопки заготовок миканита, прогретые до полного размягчения связующего вещества, закладываются в пресс-форму (рис. 6-7), нагретую в печи до температуры 190° .

На гидравлическом прессе пресс-форма с манжетой выдерживается под давлением до охлаждения пресс-формы не выше 40° . При этом полной запечки связующего вещества не происходит и манжета

сохраняет возможность формовки в процессе подтяжки гайки при сборке деталей коллектора на втулку.

Перед выемкой манжеты из пресс-формы ее выступающие края обрезают фрезой на специальном станке.

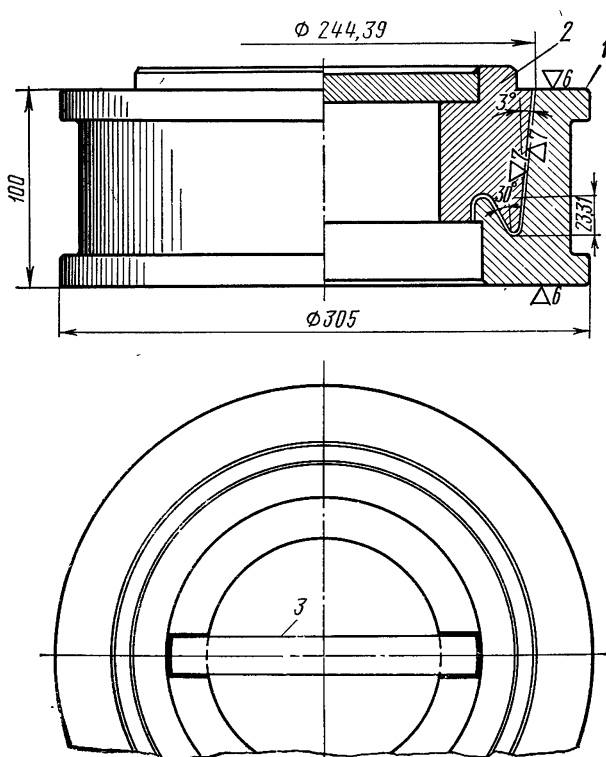


Рис. 6-7. Пресс-форма для опрессовки манжет:

1 — матрица; 2 — пуансон; 3 — ручка

Величина давления пресса, которым опрессовывается манжета

$$P = 0,1pF,$$

где P — давление пресса, кн ;

p — удельное давление, Мн/м^2 ;

F — площадь проекции конической поверхности под углом 30° на горизонтальную плоскость, см^2 ;

$$F = \pi D b \operatorname{tg} 30^\circ = 1,812 D b;$$

тогда

$$P = 0,018 p D b,$$

где D — средний диаметр манжеты, см ;

b — высота манжеты, см .

При удельном давлении $24,52 \text{ Мн/м}^2$ (250 кг/см^2) давление пресса

$$P = 0,444 D b.$$

§ 6-5. Основные операции сборки и обработки коллекторов

Технологический процесс сборки и обработки коллекторов состоит из следующих операций: сборки пластин в кольцо, опрессовки, выпечки, расточки ласточкина хвоста, сборки на втулку, обработки рабочей поверхности, разгона и контроля.

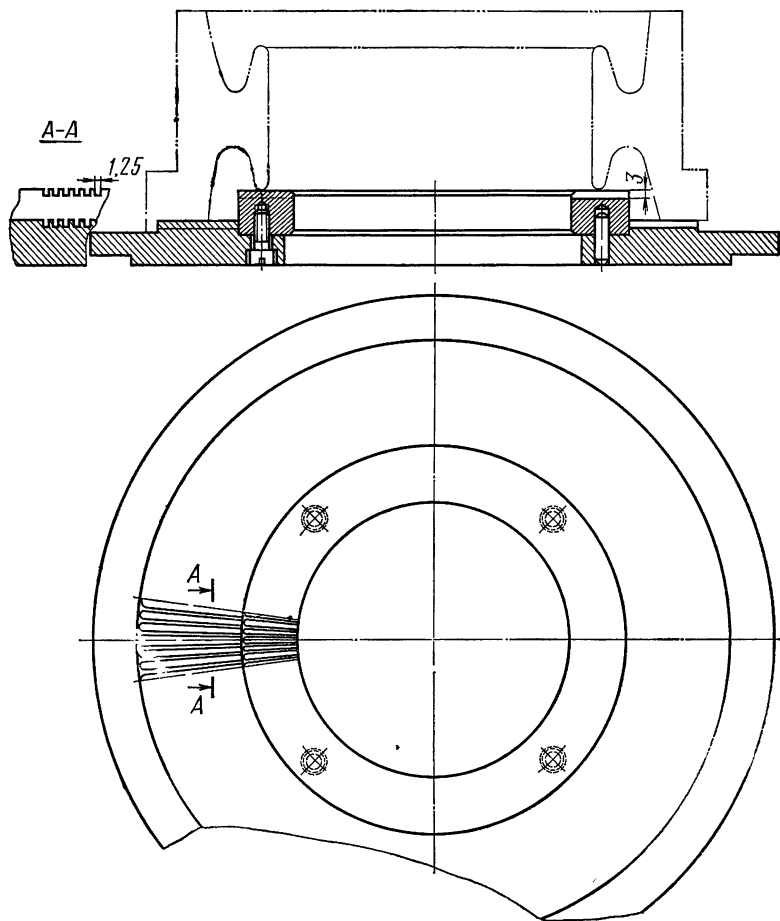


Рис. 6-8. Диск для сборки коллекторных пластин

Сборка пластин в кольцо. Сборка коллектора начинается со сборки в кольцо поочередно медных пластин и миканитовых прокладок.

Операция выполняется вручную на гладкой плите или специальном сборочном диске (рис. 6-8). На торце диска в радиальном направлении профрезерованы пазы, в которые при сборке вставляются миканитовые прокладки.

Сборочный диск предназначен для сборки только одного типа коллектора. Количество пазов в нем равно количеству пластин коллектора, ширина паза на 1 мм больше ширины коллекторной пластины, глубина равна величине выступающей из коллектора части миканита.

Сборка пластин в кольцо на диске для рабочего представляет большие удобства: 1) не приходится вести счет пластинам, так как число прорезей определенное; 2) с диском легче транспортировать комплект пластин на опрессовку.

Собранный в кольцо комплект пластин в двух местах стягивается отожженной стальной проволокой.

Перед стяжкой выступающие по цилиндру и торцу медные пластины и миканитовые прокладки подбиваются медным молотком и по угольнику проверяется их перпендикулярность сборочному столу.

После проверки наличия миканитовых прокладок между медными пластинами комплект пластин передается на опрессовку.

Коллектор собирается из очень большого количества медных пластин и миканитовых прокладок, число которых достигает нескольких сотен. Даже сравнительно небольшие допуски на их изготовление вызывают значительные колебания диаметра коллектора.

Для получения диаметра коллектора, заданного чертежом, применяют сборку с предварительной калибровкой медных и миканитовых пластин (при большом числе пластин) и сборку по эталонному образцу без предварительной калибровки.

Калибровка заключается в следующем. Комплект пластин и прокладок, предназначенных для сборки коллектора, разбивается на несколько стопок с одинаковым количеством пластин в каждой. Для калибровки пластины из одной стопки укладываются в приспособление друг на друга, как показано на рис. 6-9.

Спрессовав стопку пластин на гидравлическом прессе, не снимая давления, замеряют высоту каждой стопки. Меняя пластины стопок большей и меньшей высот, добиваются сокращения разницы высоты между всеми стопками. Это делается для получения равномерного распределения пластин по толщине по всему периметру коллектора при сборке пластин в кольцо.

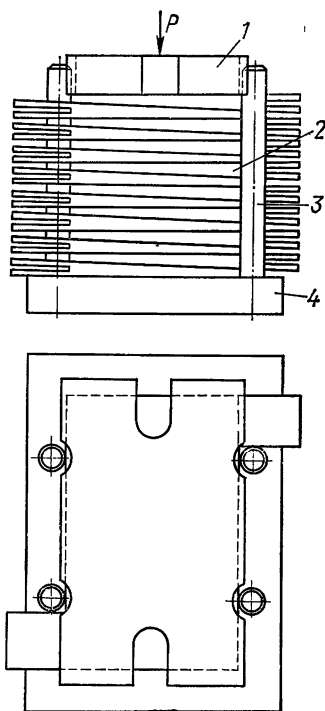


Рис. 6-9. Приспособление для калибровки медных пластин: 1 — плата верхняя; 2 — медные пластины; 3 — шпильки; 4 — плата нижняя

Аналогично производят калибровку миканитовых прокладок. Суммируя высоту всех стопок медных и миканитовых пластин, собираемых в кольцо, сравнивают ее с расчетной длиной коллектора, вычисленной по среднему диаметру с учетом усадки миканита.

По разнице этих величин определяют необходимую толщину количество миканитовых уравнительных прокладок, которыми нужно заменить в каждой стопке часть основных прокладок для получения заданного диаметра коллектора.

Уравнительные прокладки — это тот же прокладочный миканит, отличающийся от указанного в чертеже данного коллектора только толщиной.

Уравнительные прокладки равномерно распределяют по всем стопкам, причем в каждой стопке они также распределяются равномерно. В таком виде стопки медных пластин и миканитовых прокладок передаются на сборку.

При сборке комплекта пластин и прокладок нельзя смешивать пластины и прокладки из разных пачек. Израсходовав одну пачку, приступают к другой, третьей, пока не соберут весь комплект.

Предварительная калибровка медных пластин и миканитовых прокладок — процесс трудоемкий, но он совершенно необходим при сборке коллекторов с большим числом пластин (свыше 300), как обеспечивающий устойчивое получение заданных размеров.

При сравнительно небольшом количестве пластин заданные размеры коллектора можно получить, минуя предварительную калибровку пластин и прокладок.

При сборке коллектора без предварительной калибровки после первой опрессовки комплекта пластин, собранных в кольцо, замеряют полученный диаметр комплекта и сравнивают его с эталонным. При разнице диаметров комплект пластин распрессовывают и заменяют часть прокладок уравнительными, распределяя их равномерно по периметру коллектора.

Опрессовка комплекта пластин. Собранные в кольцо пластины опрессовываются на гидравлических прессах цилиндрическими кольцами или коническими кольцами с плашками. Выбор метода опрессовки зависит от диаметра коллектора. Коллекторы малых машин (диаметром до 60 мм) опрессовываются цилиндрическими кольцами, а более крупных — коническим кольцом с плашками.

Опрессовка комплекта пластин нужна для придания ему цилиндрической формы и получения монолитности за счет создания необходимого бокового давления между пластинами.

В процессе изготовления комплект пластин опрессовывается несколько раз. Первый раз в холодном состоянии после сборки пластин в кольцо, второй раз — сразу после нагрева и выпечки, третий раз — после остывания до температуры цеха.

При первой опрессовке создается нужное боковое давление между пластинами. Вторая и третья опрессовки служат для восстановления этого давления, уменьшающегося после выпечки миканита, а затем при охлаждении в результате различного сжатия меди

и стального кольца, имеющих разные коэффициенты объемного расширения (сжатия). Миканитовые прокладки у коллекторов средних и больших величин не удается выпечь за один нагрев. Комплект пластин таких коллекторов приходится нагревать еще один — два раза и соответственно производить один — два цикла опрессовок.

Для опрессовки цилиндрическими кольцами необходимо иметь набор колец из двух — трех штук, отличающихся между собой диаметрами на величину $0,2 \div 0,5$ мм.

Операция опрессовки заключается в следующем: на стол пресса устанавливается подставка 1 [15] (рис. 6-10, а) с опрессовочным 2 и направляющим 3 кольцами. Комплект пластин устанавливается в направляющее кольцо и запрессовывается с помощью пуансона 4 в кольцо 2. Момент окончания опрессовки определяется упором бортика пуансона в направляющее кольцо.

Для устранения отрицательного влияния непараллельности стола и ползуна пресса на качество опрессовки опорная поверхность пуансона делается сферической.

В случае слабой опрессовки производится повторная запрессовка в кольцо с меньшим диаметром. Качество опрессовки проверяется ударами молотка по торцу пластин. У плотно опрессованных коллекторов звук бывает звонким.

После выпечки миканита комплект пластин с помощью переходного кольца 5 перепрессовывается в кольцо 6 с окончательными размерами (рис. 6-10, б).

Из опрессовочных приспособлений цилиндрические кольца являются наиболее простыми по конструкции. Однако при опрессовке ими комплекта пластин на наружной поверхности часто получается наволакивание меди. Этого дефекта не бывает при опрессовке комплекта пластин коническим кольцом 2 с плашками 1 (рис. 6—11).

Опрессовочные конические кольца изготавливают из стали 45, а плашки — из чугуна марки СЧ 18—36 или стали с последующей закалкой. Угол наклона образующей конуса кольца и плашек выбирают из условий самоторможения и он равен 4° . Количество плашек чаще равно шести.

К комплекту плашек и кольцу предъявляются жесткие требования. Конические рабочие поверхности кольца и плашек должны

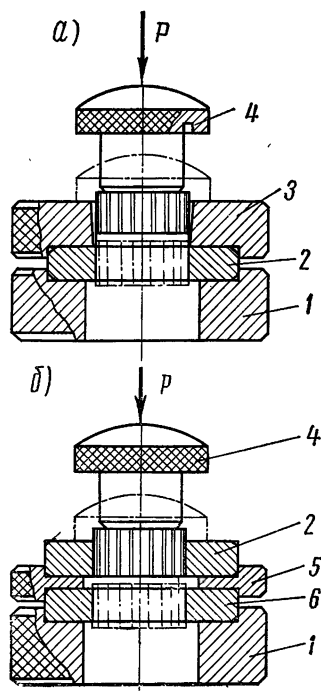


Рис. 6-10. Опрессовка комплекта пластин цилиндрическими кольцами:

а — запрессовка в первое кольцо;
б — перепрессовка во второе кольцо

быть тщательно припасованы друг к другу (должны иметь хорошее прилегание), чистота их должна быть не ниже 7-го класса.

На трущихся поверхностях не допускается наличие раковин, задиrow, поперечных рисок и других дефектов, увеличивающих коэффициент трения.

Торцовые поверхности кольца и плашек должны быть перпендикулярны оси.

Все эти требования выдерживаются при изготовлении колец и плашек.

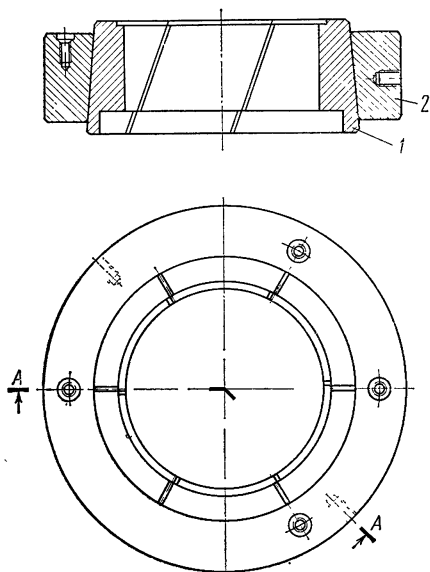


Рис. 6-11. Коническое кольцо с плашками

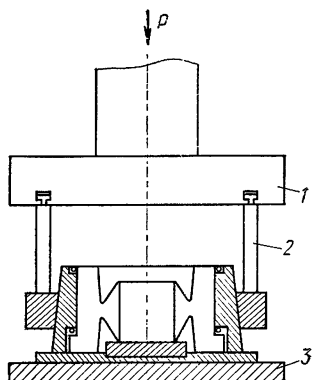


Рис. 6-12. Схема опрессовки комплекта пластин на гидравлическом прессе:

1 — траверса; 2 — колонки; 3 — стол пресса

Для получения плашек вначале изготавливают заготовку в виде усеченного конуса. Окончательная обработка (припасовка) конической поверхности заготовки для плашек производится по прессовочному кольцу. Для получения плашек заготовка разрезается на части под косым углом к торцу.

Такой разрез предохраняет от попадания в зазор между плашками миканитовых прокладок при опрессовке комплекта пластин.

Определение принадлежности кольца и плашек к одному комплекту производится по условному обозначению на их торцах, которое клеймится при изготовлении.

Плашки одного комплекта небольших размеров скрепляются между собой различными пружинными связями.

Использование колец и плашек с задирами на рабочих поверхностях, а также от разных комплектов приводит к ухудшению качества спрессовки пластин.

Для опрессовки коллекторов с петушками в плашках на внутренней поверхности предусматриваются соответствующие вырезы.

В плашках имеются также выточки для помещения витков проволоки, которой связан комплект пластин.

На рис. 6-12 показана схема опрессовки комплекта пластин на гидравлическом прессе.

Опрессовка комплекта пластин производится за счет радиального перемещения плашек, возникающего вследствие давления на их конические поверхности при осевом движении прессовочного кольца. Например, при угле конуса 4° при перемещении кольца на 10 мм диаметр комплекта пластин уменьшится на $10 \cdot 2 \operatorname{tg} 4^\circ = 1,4$ мм.

Усилие опрессовки комплекта пластин кольцом и плашками, кн:

$$Q = 2\pi F \cdot 10^{-3} \cdot p \operatorname{tg} (\beta + \rho),$$

где F — боковая поверхность одной стороны пластины коллектора, мм²;

p — удельное давление между коллекторными пластинами, Мн/м²;

β — угол образующей конуса опрессовочного кольца;

ρ — угол трения.

При $\beta = 4^\circ$, $\rho = 22^\circ$, $p = 500$ кг/см² = $500 \cdot 9,81 \cdot 10^{-2}$ Мн/м² усилие опрессовки

$$Q = 0,15F \text{ кн.}$$

Давление, развиваемое гидравлическим прессом, определяется по показаниям манометра, установленного на прессе (см. рис. 5-6). Манометр показывает давление в гидросистеме прессы.

Между давлением прессы и показаниями манометра существует следующая зависимость:

$$Q_{\text{пр}} = p_{\text{пр}} \frac{\pi D^2}{4} 9,81,$$

где $Q_{\text{пр}}$ — давление, развиваемое прессом, н;

$p_{\text{пр}}$ — давление в гидросистеме прессы (показания манометра), кг/см². Если показания давления манометра в н/см², то в приведенной формуле коэффициент 9,81 следует опустить;

D — диаметр поршня прессы, см.

Выпечка миканита. Для удаления летучих веществ из смолы, которой склеены частички слюды миканитовых прокладок, и для последующей ее полимеризации комплект пластин выпекают (нагревают и выдерживают при высокой температуре).

Полимеризация — это химическая реакция, сопровождающаяся затвердеванием смолы, при которой из двух или нескольких молекул одного и того же вещества получается соединение, имеющее тот же состав, но более высокий молекулярный вес.

Для нагрева коллекторов применяются специальные печи, подобные изображенной на рис. 15-4.

Температура и время выдержки комплектов пластин коллектора в печи показаны в табл. 8.

Расточка ласточкина хвоста. Для крепления на втулке у комплекта пластин растачивают ласточкин хвост. В процессе его обработки должна быть выдержана концентричность угловых расточек с обеих сторон.

Минимальное время и температура выпечки

Группы коллекторов	Диаметр коллектора, мм	Время нагрева, ч				
		Комплект пластин коллектора		Собранный коллектор с запрессовочным кольцом	Собранный коллектор без запрессовочного кольца	
		Температура печи, °С		Температура печи для всех коллекторов 160—170°	Температура печи, °С	
		коллекторы с изоляцией класса А и В, 175—185°	коллекторы с изоляцией класса F и H, 190—200°		коллекторы с изоляцией класса А и В, 160—170°	коллекторы с изоляцией класса F и H, 190—200°
I	100—200	5,5	6,7	4,5	3,0	5,0
II	201—400	7,0	8,0	6,0	4,0	6,0
III	401 и выше	10,0	11,0	9,0	5,0	7,0

Допуски на угловые поверхности ласточкина хвоста не устанавливаются при обработке. Эти поверхности проверяют специальными шаблонами-скобами 30° и 33°, конструкция которых аналогична скобам для проверки конусов втулки коллектора.

Поверхности ласточкина хвоста считают правильно расточенными в том случае, если к ним угловые скобы прилегают без видимого просвета. При расточке ласточкина хвоста добиваются высокой точности прилегания скобы к поверхности.

В зависимости от габаритов комплекта пластин ласточкин хвост растачивается на токарных или карусельных станках. Приспособлениями при этом служат трех- или четырехкулачковые патроны или специальные оправки. Ласточкин хвост небольших коллекторов обрабатывается фасонным резцом.

При расточке в патронах на токарных станках (коллекторы небольших габаритов) за базу принимается наружный диаметр и торцы прессовочного кольца. Концентричность расточек ласточкина хвоста с обеих сторон при этом может быть получена лишь в том случае, если опрессовочные кольца будут содержаться в хорошем состоянии (не иметь забоин и деформаций), а токарные патроны не должны иметь биения.

При обработке в четырехкулачковых патронах на карусельных станках ласточкина хвоста комплектов пластин крупных коллекторов производится выверка правильности их установки на станке по игле или индикатору, закрепленному в суппорте станка.

Концентричность расточек ласточкина хвоста после снятия деталей со станка практически проверить очень сложно, поэтому это требование должно обеспечиваться условиями обработки. Выверка в патроне — процесс длительный, требующий от рабочего большого опыта. Прессовочные кольца часто имеют забоины и бывают дефор-

мированы. При таких условиях не всегда предоставляется возможным получить концентрические расточки.

Поэтому целесообразнее обрабатывать ласточкин хвост, закрепив комплект пластин на специальных оправках.

На рис. 6-13 показана пневматическая консольная оправка для расточки ласточкина хвоста комплекта пластин с внутренним диаметром 95 мм и более.

Оправка имеет две части: неподвижную, состоящую из корпуса 2 и планшайбы 1, посредством которой эта часть закрепляется на шпинделе станка, и подвижную — оправку 4 с входящими в нее деталями.

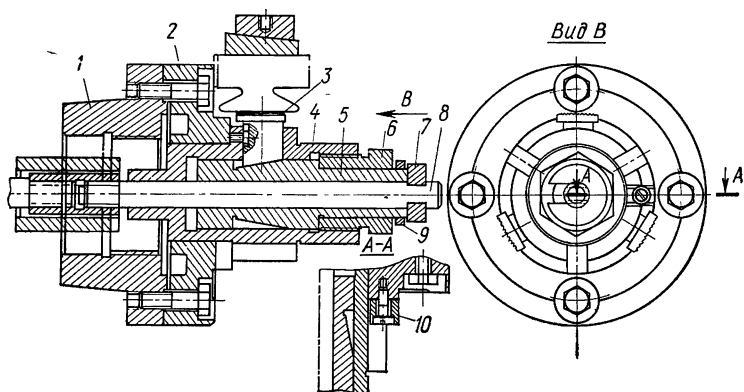


Рис. 6-13. Пневматическая оправка для расточки ласточкина хвоста

Растачивается ласточкин хвост в следующей последовательности. Комплект пластин, запрессованный в кольцо с плашками, надевают на кулачки 3, при этом сторона с выступающим миканитом должна быть прижата к корпусу 2.

При включении пневмоцилиндра (на чертеже не показан) тяга 8 через съемную шайбу 7 передает давление на внутреннюю оправку 5, которая при движении своим конусом разжимает кулачки, прочно закрепляя на них комплект пластин.

После расточки угловой выточки одной из сторон гайкой 6 оправка 5 запирается в корпусе оправки 4.

Пневматический цилиндр переключается на разжим, при этом тяга 8 перемещается вправо.

Сняв шайбу 7, оправку с закрепленным на ней комплектом пластин вынимают из корпуса 2, переворачивают на 180° и вставляют снова в корпус другой стороной.

Надев на тягу шайбу 7, включают пневмоцилиндр для закрепления оправки.

После обработки другой стороны для снятия комплекта пластин оправку 4 переворачивают в первоначальное положение, выверты-

вают гайку 6, через упор 9 оправку 5 отводят вправо, освобождая кулачки 3.

Для предохранения оправки 4 от проворачивания в процессе обработки служит шпонка 10.

Сборка на втулку. Перед сборкой коллектора все его детали должны быть тщательно очищены от пыли и грязи.

Очищают детали, протирая их хлопчатобумажными салфетками с последующей продувкой сжатым воздухом в шкафах, оборудованных отсосом, при этом исключается возможность попадания пыли на другие детали.

Чистота и порядок на сборочном участке во многом определяют качество изделий.

Перед сборкой необходимо путем визуального осмотра проверить, не осталось ли на обработанных поверхностях комплекта пластин заусенцев и заволочек, могущих привести к замыканию пластин. Чтобы лучше видеть заусенцы и заволочки, обработанные поверхности протирают кистью, слегка смоченной спиртом или смесью бензина с уайтспиритом (в соотношении 1 : 1). Смоченная поверхность миканитовых прокладок темнеет и на ней хорошо видны заусенцы меди.

Сборка коллектора производится в следующей последовательности: втулка 8 (см. рис. 6-2, б) устанавливается на сборочную плиту, на нее надевают миканитовую манжету 7, ставят комплект пластин 4, вставляют миканитовый изоляционный цилиндр 5, на комплект пластин накладывают миканитовую манжету 3, нажимной конус 1 и навинчивают гайку 2. При помощи специального шаблона выверяют положение шпоночной канавки втулки по отношению к пластинам коллектора. Середина шпоночной канавки должна совпадать с серединой медной или миканитовой пластины, на что должно быть указание в чертеже. В крупных коллекторах установить комплект пластин на втулку по шаблону трудно, поэтому шпоночную канавку долбят или протягивают в собранном коллекторе.

Выпечка собранного на втулку коллектора и подтяжка гайки (болтов). Для обеспечения монолитности коллектора необходимо сохранить давление между пластинами, которое они получили в результате опрессовки кольцом с плашками.

Достигается это надежным закреплением комплекта пластин за ласточкин хвост между конусами втулки и нажимной шайбы за счет усилий, создаваемых подтяжкой гайки (болтов).

Чтобы давление на ласточкин хвост из-за усадки миканитовых манжет в процессе работы машины (в результате нагрева коллектора) не уменьшалось, выпечку манжет производят еще при изготовлении коллектора. Здесь технологический процесс строится в следующей последовательности. После предварительного заворачивания гайки (болтов) у собранного на втулку коллектора на гидравлическом прессе при давлении на нажимную шайбу гайка (болты) подтягивается до упора.

Затем коллектор подвергают двухкратной выпечке с последующей подтяжкой на прессе в горячем состоянии (сразу после выпечки) и далее в холодном (после его остывания до температуры цеха).

Нагрев и выпечка коллектора производится в тех же печах, которые служат для нагрева комплекта пластин. Время и температура выпечки коллектора указаны в табл. 8. Гайка или болты коллектора подтягиваются под давлением прессы с помощью специальных прессовочных приспособлений и ключей. На рис. 6-14 показано одно из таких приспособлений и ключ для подтяжки под

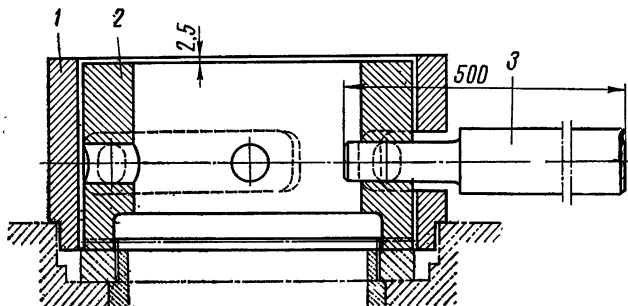


Рис. 6-14. Ключ для подтяжки коллекторов

давлением коллектора с гаечным креплением. На стол устанавливается собранный на втулку коллектор. На нажимную шайбу его накладывается втулка 1, а на гайку коллектора — корончатый ключ 2. При ходе вниз подвижная траверса гидропресса давит через втулку на нажимную шайбу, создавая тем самым определенное давление на ласточкин хвост комплекта пластин. Для фиксирования этого давления производится подвертывание гайки коллектора до упора.

Поворот гайки осуществляется рукояткой 3, которая поочередно вставляется в отверстия гайки, расположенные по окружности на расстоянии 60° друг от друга. Для прохода рукоятки во время поворота во втулке имеются три прямоугольных паза.

Обработка рабочей поверхности. После освобождения коллектора от прессовочного кольца и плашек производится обточка его рабочей поверхности. Выполняется эта операция на токарно-винторезных станках. Коллектор для обработки закрепляется на оправке, базой при этом служит отверстие втулки. Конструкция оправки аналогична конструкции, изображенной на рис. 3-23.

Разгон коллектора. Разгоном называют операцию изготовления коллектора, в процессе выполнения которой изделие в нагретом состоянии вращается с числом оборотов, повышенным против рабочей скорости не менее чем на 50%.

Разгон производится в специальных установках с целью динамического формирования коллектора, проверки прочности крепления его пластин и способности сохранять геометрическую форму.

§ 6-6. Изготовление коллекторов на пластмассе

Большим недостатком коллекторов с металлическими нажимными конусами и миканитовыми манжетами является деформация рабочей поверхности в процессе эксплуатации (выступление в радиальном направлении отдельных или группы пластин).

✓ Борьба за повышение эксплуатационной надежности и долговечности электрических машин заставила электромашиностроителей

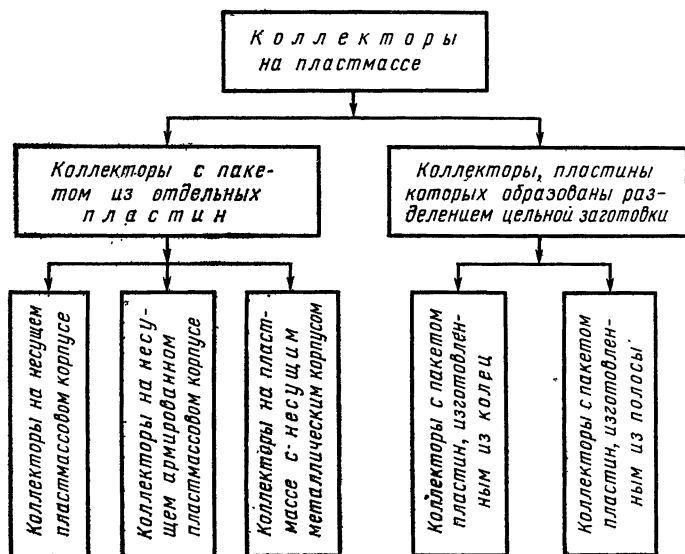


Рис. 6-15. Классификация коллекторов на пластмассе

искать новые, более совершенные конструкции и новую технологию их изготовления. К таким конструкциям относятся коллекторы на пластмассе.

Одним из пионеров по использованию пластмасс в коллекторах явился Прокопьевский завод «Электромашина». Большой вклад в развитие производства и совершенствование конструкций внес Рижский электромашиностроительный завод (РЭЗ).

В настоящее время созданы и успешно эксплуатируются электродвигатели с коллектором на пластмассе, диаметр рабочей поверхности которого более 500 мм.

Большое применение коллекторы на пластмассе получили после освоения промышленностью стеклопластика АГ-4, обладающего очень высокой механической прочностью и изоляционными свойствами. В настоящее время более 20 заводов электропромышленности ведут работы по использованию пластмасс в коллекторах в диапазоне от микромашин до крупных машин с рабочими скоростями до 50 м/сек.

В зависимости от назначения создан ряд конструкций коллекто-

ров на пластмассе. Однако общепринятой классификации коллекторов по назначению и технологии изготовления не имеется.

Ряд авторов [14], работающих в области создания коллекторов на пластмассе, предлагают классификацию, представленную на рис. 6-15.

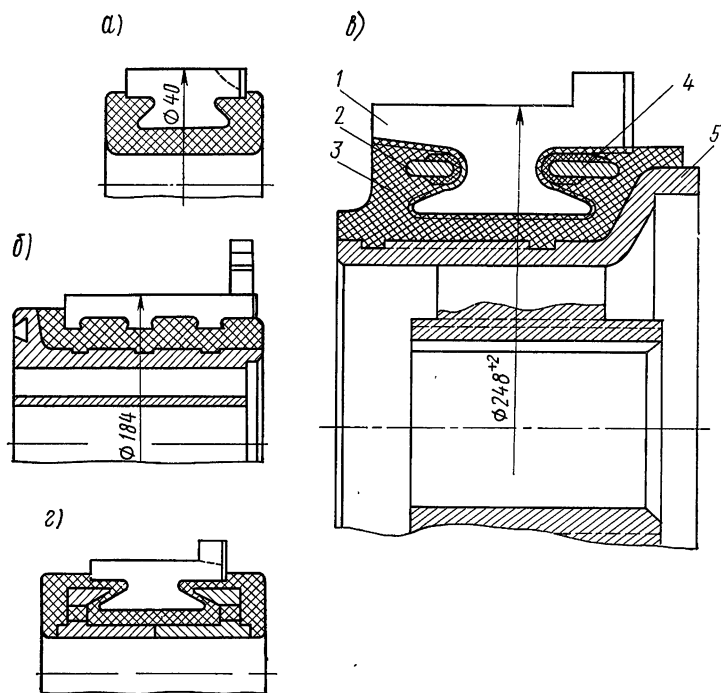


Рис. 6-16. Коллекторы на пластмассе с пакетом из отдельных пластин:

а — на несущем пластмассовом корпусе; **б** — на несущем пластмассовом корпусе с металлической втулкой; **в** — на несущем армированном корпусе; **г** — несущим металлическим корпусом из двух частей

Коллекторы на несущем пластмассовом корпусе находят применение в микромашинах и машинах с небольшим диаметром рабочей части коллектора.

Корпус коллектора (рис. 6-16, **а**) выполняется целиком из пластмассы (в коллекторах с рабочей поверхностью диаметром до 80 мм) или с центральной металлической втулкой (рис. 6-16, **б**).

Крепежных выступов в форме ласточкиных хвостов у пластин таких коллекторов может быть от одного до трех. Количество выступов зависит от длины пластины коллектора; при большем количестве выступов пластины в корпусе удерживаются прочнее.

Прочность коллекторов на несущем пластмассовом корпусе целиком зависит от прочности пластмассы.

Коллекторы на несущем армированном корпусе (рис. 6-16, *в*) применяются в более нагруженных машинах, так как прочность пластмассового корпуса оказывается недостаточной. В таких коллекторах нагрузку от центробежной силы воспринимают вместе с пластмассой армирующие детали, механическая прочность которых выше прочности пластмассы.

В качестве армирующих деталей применяются стальные кольца, отрезанные от трубы или образованные несколькими витками проволоки, сваренными встык.

На рис. 6-16, *в* показана конструкция коллектора на пластмассовом корпусе с армированным кольцом тягового электродвигателя.

Коллектор состоит из металлической литой втулки 5, комплекта медных и миканитовых пластин 1, армирующих стальных колец 2, 4 и пластмассового корпуса 3. Для предохранения от замыкания армирующего кольца с медью и правильного расположения его в выточке ласточкина хвоста армирующее кольцо предварительно опрессовывается стеклопластиком марки АГ-4С. Армирующие кольца изготавлиются из стали 40Х с последующей закалкой до $HRC = 42 \div 46$. Хромистая сталь и последующая термообработка предусмотрены для повышения механических свойств колец. Рабочая окружная скорость такого коллектора составляет приблизительно 50 м/сек.

Коллекторы на пластмассе с несущим металлическим корпусом широкого применения не имеют, они являются как бы переходной конструкцией между обычными арочными коллекторами и коллекторами на пластмассе.

У таких коллекторов (рис. 6-16, *г*) основное усилие воспринимают стальные втулки, а пластмасса является связующим и изолирующим веществом.

Коллекторы с пакетом пластин, изготовленных из кольца или полосы, находят применение в микромашинах с диаметром коллекторов до 40 ÷ 50 мм. На рис. 6-17 показаны конструкции таких коллекторов.

Коллекторы, пластины которых образованы разделением цельной заготовки, являются более экономичными, чем коллекторы на пластмассе с пакетом из отдельных пластин. У таких коллекторов нет миканитовой изоляции между медными пластинами; на изготовление пластин затрачивается меньше меди, отпадают операции сборки, опрессовки и выпечки в кольце.

Такая конструкция коллекторов позволяет автоматизировать процесс их изготовления.

Прессовочные материалы. Для изготовления корпусов коллекторов на пластмассе применяют следующие прессовочные материалы: массы К-6 и АГ-4, пресс-порошки К-21-22.

Прессовочная масса марки К-6 представляет собой термореактивный материал на основе фенольно-формальдегидных * смол с минеральным волокнистым наполнителем асбестом. Недостатком этой

* Фенольно-формальдегидные смолы относятся к группе синтетических смол, переходящих при нагревании в неплавкое и нерастворимое состояние.

массы является наличие включений железа, могущих привести к замыканию соседних пластин.

Масса марки К-6 является основным материалом для изготовления малых и средних коллекторов.

Стеклопластик марки АГ-4 — терморезактивный волокнистый материал на основе фенольно-формальдегидной смолы Р-2 со

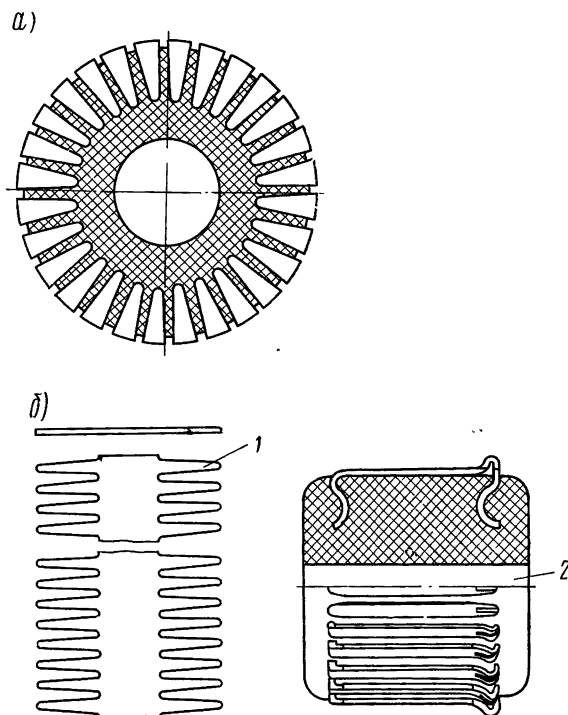


Рис. 6-17. Коллекторы на пластмассе, пластины которых образованы разделением цельной заготовки: а — с пакетом пластин, изготовленным из кольца; б — с пакетом пластин из полосы: 1 — развертка (заготовка) пакета пластин; 2 — готовый коллектор

стекловолокнистым наполнителем. Пресс-материал изготавливается двух марок АГ-4В и АГ-4С.

В пресс-материале марки АГ-4В наполнителем является предварительно нарезанное на отрезки 2—10 см стекловолокно, расположенное в неориентированном направлении. Стекловолокно в массе составляет 70%; остальное — смола.

В пресс-материале марки АГ-4С наполнитель — длинные, ориентированные в одном направлении стекловолокнистые нити диаметром 7 ÷ 9 мкм.

Стеклопластик марки АГ-4 — одна из лучших пластмасс. Он обладает высокой механической и электрической прочностью, высокой

теплостойкостью, малой усадкой, более стабильными электрическими свойствами при хранении, в эксплуатации.

Карболитовые пресс-порошки типа К 21-22 с органическим наполнителем (древесная мука) применяются только для коллекторов диаметром до 25 мм.

Пластмассы имеют общий недостаток — низкую теплопроводность вследствие чего при пайке коллекторов появляются температурные напряжения.

На качество пластмассы оказывают значительное влияние условия хранения пресс-материалов. Наличие влаги в массе вызывает вздутия, трещины, повышенную усадку.

Пресс-материалы должны храниться в оцинкованной герметизированной таре.

Перед прессованием целесообразно производить предварительное таблетирование исходных материалов. Таблетки должны иметь форму и размеры, удобные для закладывания в пресс-форму.

Таблетирование позволяет сэкономить значительное количество времени при загрузке пресс-формы, организовать предварительный подогрев таблеток в специальных высокочастотных установках.

При предварительном нагреве пресс-материала вне пресс-формы сокращается время выдержки при прессовании, в результате чего резко повышается производительность труда рабочего, увеличивается сьем пластмассовых изделий с единицы оборудования и одной пресс-формы.

Технологический процесс изготовления коллекторов с пакетом из отдельных пластин. Технологический процесс изготовления коллекторов на пластмассе состоит из двух этапов: 1) сборки комплекта пластин в кольцо, 2) опрессовки коллектора пластмассой и последующих операций.

Операции сборки комплекта пластин в кольцо те же, что и при изготовлении коллекторов на металлическом корпусе, с той лишь разницей, что количество опрессовок уменьшено до трех (первая — в холодном, вторая — в горячем и третья — в холодном состоянии), а удельное давление вместо 49 Мн/м^2 принимается равным $24,5 \text{ Мн/м}^2$.

Для опрессовки коллектора пластмассой необходимо выполнить следующие операции и переходы:

- 1) нагреть пресс-форму, комплект пластин в кольце и плашках, стальную втулку и армирующие кольца;
- 2) собрать все детали коллектора в пресс-форму;
- 3) произвести прессование коллектора.

Нагрев пресс-формы и деталей коллектора. В связи с тем что получение пластмассы из пресс-материала происходит под влиянием тепла и давления, необходим подогрев пресс-формы и деталей коллектора.

Температура нагрева зависит от марки пресс-массы. Для прессования массы марки АГ-4 пресс-форма нагревается до температуры

145-155 . До этой же температуры нагреваются и детали коллектора. Масса марки К-6 требует несколько большего нагрева.

Нагрев деталей коллектора производится в тех же печах, что и нагрев комплекта пластин в кольце.

Пресс-форма (после установки на прессе) нагревается от специальных нихромовых электронагревателей, встроенных в верхнюю и нижнюю плиту пресс-формы.

Сборка пресс-формы и прессование коллектора. Опрессовывается коллектор пластмассой в специальных пресс-формах различных конструкций. На рис. 6-18 показана

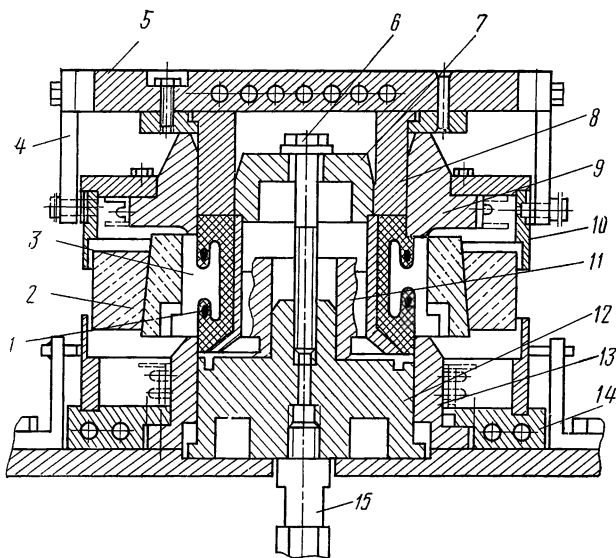


Рис. 6-18. Пресс-форма опрессовки коллектора с пластмассовым корпусом

пресс-форма для опрессовки пластмассового корпуса коллектора тягового электродвигателя. Пресс-форма состоит из трех основных частей: нижней части, верхней матрицы 9 с обоймой 10 и верхней части.

Нижняя часть пресс-формы за плиту-обойму 14 крепится к столу пресса прихватами. Верхняя часть за плиту 5 также прихватами закреплена на ползуне пресса. Верхняя матрица 9 и обойма 10 при помощи защелок 4 могут соединяться с верхней плитой 5.

Порядок сборки пресс-формы следующий: на нижний пуансон 12 надевают нагретую втулку коллектора 11. Во втулку вставляют центрирующий стакан 7 и стягивают болтом 6. В нижнее прессовочное пространство (между втулкой 11 и матрицей 13) закладывают таблетку из массы марки АГ-4С. Таблетка имеет форму кольца и предварительно подогревается (для размягчения) на высокочастот-

ной установке до температуры 70—80°. Вынимают из печи запрессованный в кольцо 2 и плашки комплект пластин 3. В выемку пластин закладывают нагретые армирующие кольца 1, и все это устанавливают в пресс-форму. Ползун прессы вместе с верхней частью и деталями 9 и 10 опускают вниз, при этом пресс-форма смыкается, после чего ее закрепляют шарнирными болтами (на чертеже не показаны). Откидывают защелки 4 и ползун с верхней частью пресс-формы поднимается вверх. В загрузочное пространство верхней части пресс-формы закладывают вторую подогретую таблетку.

На верхнюю часть матрицы 9 накладывают промежуточную плиту и через нее пуансоном 8 (при движении ползуна вниз) усилием 3 Т (29 кн) производят более плотное смыкание пресс-формы.

Шарнирные болты стягивают до отказа. При последующем подъеме ползуна вверх вынимают промежуточную плиту, а затем ползун опускают вниз и производят прессование коллектора. Удельное давление при прессовании — 34—43 Мн/м² с выдержкой под давлением в течение 1—2 мин на 1 мм толщины пластмассового корпуса коллектора.

Время сборки пресс-формы должно быть минимальным, так как процесс полимеризации пресс-материала в нагретой до температуры 145—155° пресс-форме происходит достаточно быстро и всякая задержка может привести к преждевременному затвердеванию несформованной массы.

После необходимого времени выдержки пресс-форму разбирают, для чего отвертывают шарнирные болты, защелки 4 накладывают на штыри обоймы 10 и ползун поднимается в верхнее положение. Отвертывают болт 6, снимают стакан 7 и коллектор выталкивается толкателем 15 из матрицы 13. Коллектор с пуансона 12 снимают при помощи специального приспособления и выносят из рабочей зоны прессы.

Последующими операциями изготовления коллекторов являются: термообработка, снятие опрессовочного кольца, развертывание отверстия у втулки, обточка рабочей поверхности, разгон и контроль коллектора.

Для повышения механической прочности и электрического сопротивления пластмассы производится термообработка коллектора путем нагрева в печах и выдержки в них в течение определенного времени.

В процессе прессования и термообработки возникают термические напряжения, которые могут привести к изменению диаметра отверстия втулки. В связи с этим при изготовлении металлической втулки отверстие ее начисто не обрабатывается, а оставляется припуск на развертывание.

У коллекторов без центральной металлической втулки отверстие от деформации при термообработке и остывании предохраняется вставленной в него стальной оправкой, смазанной спецсмазкой. После остывания коллектора оправка выпрессовывается. Остальные операции выполняются так же, как и при изготовлении коллекторов на металлическом корпусе.

Технологический процесс изготовления коллекторов, пластины которых образованы разделением цельной заготовки. Как уже указывалось ранее, пакет пластин таких коллекторов может быть изготовлен из кольца или полосы. Технологический процесс их изготовления различен.

Пакет коллектора из кольца может быть получен методом холодного выдавливания или методом прессования в пресс-формах металлокерамических заготовок. Операция выдавливания выполняется на эксцентриковых прессах в штампах с пуансоном, имеющим форму внутренней части пакета пластин.

Исходной заготовкой для получения пакета пластин методом выдавливания служит медный кружок.

Пакет пластин при выдавливании получается из кружка за счет направленного матрицей и пуансоном истечения металла.

На рис. 6-19 показаны заготовка и пакет пластин после выдавливания.

На рис. 6-20 показан пакет пластин из металлокерамики, полученный методом прессования из медного порошка с последующим спеканием его при высокой температуре.

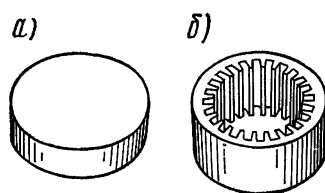


Рис. 6-19. Заготовка и пакет пластин после выдавливания: а — заготовка — медный диск; б — пакет пластин после выдавливания и отрезки доньшка

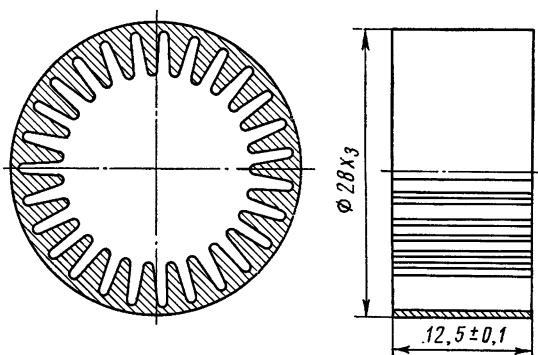


Рис. 6-20. Пакет пластин из металлокерамики

Металлокерамическая заготовка не имеет доньшка, за счет чего достигается экономия меди.

Пакет пластин из полосовой меди получается штамповкой заготовки с зубчиками и последующего свертывания в кольцо с отгибкой зубцов, служащих для закрепления пластин в пластмассовом корпусе.

Дальнейшие операции изготовления коллекторов заключаются в следующем. У заготовки, полученной методом выдавливания,

отрезается донышко на токарном станке. Пакет пластин опрессовывается в пресс-формах пластмассой. Разделение пакета на отдельные пластины производится фрезерованием, при этом совмещается операция продоразивания. На фрезерном станке также фрезеруются шлицы для впаивания проводников обмотки якоря.

Операции контроля те же, что и для коллекторов из отдельных заготовок.

§ 6-7. Контроль коллекторов

Коллекторы в процессе производства испытываются на механическую и электрическую прочность, на отсутствие замыкания между медными пластинами.

На механическую прочность коллектор проверяется в процессе операций разгона. Испытание на электрическую прочность производится переменным током частотой 50 *гц*.

Испытуемый коллектор устанавливают на испытательный стол и туго обвязывают по рабочей поверхности стальной проволокой, навитой в виде спирали. От испытательной установки один электрод присоединяется к стальной проволоке, закорачивающей пластины, а другой — к втулке коллектора, при этом испытывается прочность миканитовых конусов и миканитового цилиндра. Затем включают рубильник и реостатом доводят напряжение до заданной величины. Под этим напряжением коллектор выдерживают в течение 1 *мин*. Затем напряжение реостатом плавно снижают до нуля, выключают рубильник, отсоединяют электроды и снимают закорачивающую проволоку.

Величина испытательного напряжения зависит от рабочего напряжения, на которое рассчитана изоляция машины.

Например, для электрических машин на напряжение от 401 до 700 *в* испытательное напряжение устанавливают равным 5 *кв*.

Для испытания на отсутствие замыкания между медными пластинами одновременно подводят испытательное напряжение к двум смежным коллекторным пластинам. В этом случае величина напряжения колеблется в зависимости от толщины миканитовых прокладок и для коллекторов с прокладками 0,6 *мм* составляет 300 *в*, 0,8 *мм*—460 *в*, 1 *мм* — 500 *в* и 1,15 *мм* — 550 *в*.

При немеханизированном испытании, которое еще встречается в практике заводов, оператор вручную подводит напряжение двумя щупами поочередно к каждой паре соседних пластин. В случае замыкания между пластинами загорается лампочка или звонит звонок. Если замыкание произошло на наружной поверхности, например в результате заволочки меди при проточке рабочей поверхности коллектора, то оно устраняется с помощью шабера или напильника.

В остальных случаях, т. е. при пробое изоляции или замыкании между пластинами внутри, мелом намечают дефектные пластины и коллектор отправляют в ремонт.

При испытании на электрическую прочность и отсутствие замыкания между медными пластинами должны строго соблюдаться

правила техники безопасности при работе на высоковольтных испытательных установках.

Ручное испытание на отсутствие короткого замыкания между пластинами — трудоемкий процесс, при котором могут быть не проверены отдельные пластины.

Более производительным и качественным является испытание коллекторов на специальных стендах (рис. 6-21). Испытательный стенд выполнен в виде стола с размерами 600 мм × 2500 мм и высотой 800 мм.

На столе имеются три вращающихся диска, на которые устанавливают коллекторы в процессе испытания. Диски имеют ручной и механический привод.

Под столом смонтированы механизмы вращения дисков и электросхема. Стенд установлен на специальном огороженном участке, пульт управления и пробивной трансформатор находятся на некотором расстоянии от стенда.

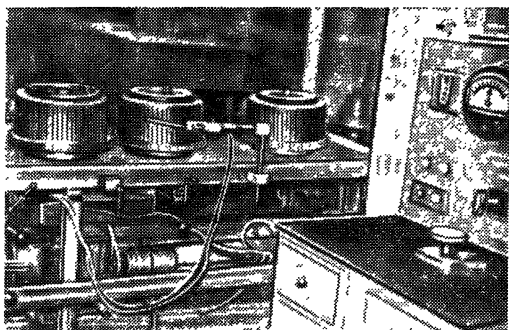


Рис. 6-21. Стенд для испытания коллекторов

Последовательность испытаний коллектора следующая. В центр каждого вращающегося диска устанавливается по коллектору.

Перед испытанием оператор, вращая диски ручным приводом, производит внешний осмотр коллектора.

В процессе испытания напряжение на пластины подается от трансформатора при помощи двух щупов, один из которых можно переставлять. Щупы повернуты к держателю, закрепленному на стенде. В зависимости от ширины коллекторной пластины щупы настраивают так, чтобы при вращении коллектора они скользили одновременно по двум соседним пластинам. Щупы изготовляют из полос пружинной стали, на концах их припаивают серебряные контакты. Усилия прижатия щупов к коллектору составляет 50—100 Г (0,49—0,98 н).

После внешнего осмотра и подвода щупов в соприкосновение с коллектором оператор закрывает стенд раздвижным ограждением и с пульта управления включает установочные диски, которые начинают вращаться, и рабочее напряжение.

Подача напряжения на щупы заблокирована с раздвижным ограждением и может быть осуществлена в том случае, когда двери ограждения закрыты.

Если соседние пластины замкнуты, то на пульте загорается лампочка, звонит звонок и вращение коллектора прекращается. Пластины, на которых остановились контакты щупов, помечаются

оператором, и это означает, что между пластинами имеется короткое замыкание, подлежащее устранению.

Все коллекторы, установленные на вращающихся дисках, испытываются поочередно. На стенде держатели со щупами укреплены в двух местах. Эти места выбраны с таким расчетом, чтобы с каждого из них щупы могли входить в контакт поочередно с двумя соседними коллекторами.

Дискам можно задавать различную скорость вращения: 1—0,5—0,25 об/мин, чтобы обеспечить одинаковую линейную скорость перемещения щупов по рабочей поверхности коллекторов с разными диаметрами.

Автоматическое испытание коллекторов повышает производительность труда, позволяет получить стабильные и объективные результаты и делает работу безопасной.

§ 6-8. Сборка контактных колец

Асинхронные двигатели, которые требуют регулировки скорости вращения имеют контактные кольца (рис. 6-22). Несмотря на различие в конструкции контактных колец, технологический процесс их изготовления имеет много общего. Он состоит из двух стадий: изолировки втулок и сборки контактных колец.

Изолировка втулок. Втулки контактных колец изолируют стекломиканитовой изоляцией (формовочным миканитом и стеклотканью) или бакелизированной бумагой.

В том и другом случае перед изолировкой на рычажных или роликовых ножницах нарезаются изоляционные материалы.

Заготовки миканита нарезают шириной, равной высоте втулки, и длиной, равной развернутой длине боковой поверхности втулки плюс припуск 15—20 мм на перекрытие стыка.

Ширина заготовок из стеклоткани бакелизированной бумаги должна равняться высоте втулки плюс припуск на зачистку по 3—5 мм с каждой стороны. Длина заготовок бывает в пределах от 1 до 2 метров, она зависит от ширины рулонного материала, из которого нарезается заготовка.

Перед наложением изоляции металлическую втулку обезжиривают (см. гл. XIX, § 19-7).

Изолирование втулки стекломиканитовой изоляцией производят в следующей последовательности.

Миканитовую заготовку кладут на плоскую плиту с электрообогревом для размягчения миканита, а боковую поверхность втулки смазывают бакелитовым лаком. Прокатывая втулку по заготовке, уложенной на плите, производят накатывание изоляции на втулку.

Далее на миканитовую изоляцию накладывают (обертывают втулку изоляцией) несколько слоев пропитанной лаком стеклоткани, промазывая ее через один — два оборота бакелитовым лаком.

Для удобства изолировки втулку отверстием надевают на металлическую оправку, закрепленную в тисках.

Изолирование втулок бакелизированной бумагой производится так же, как и стеклотканью.

Изоляция втулок должна быть электрически прочной (не менее 12 кВ), монолитной, без морщин и складок на поверхности и расслоений на торцах и должна хорошо держаться на втулке.

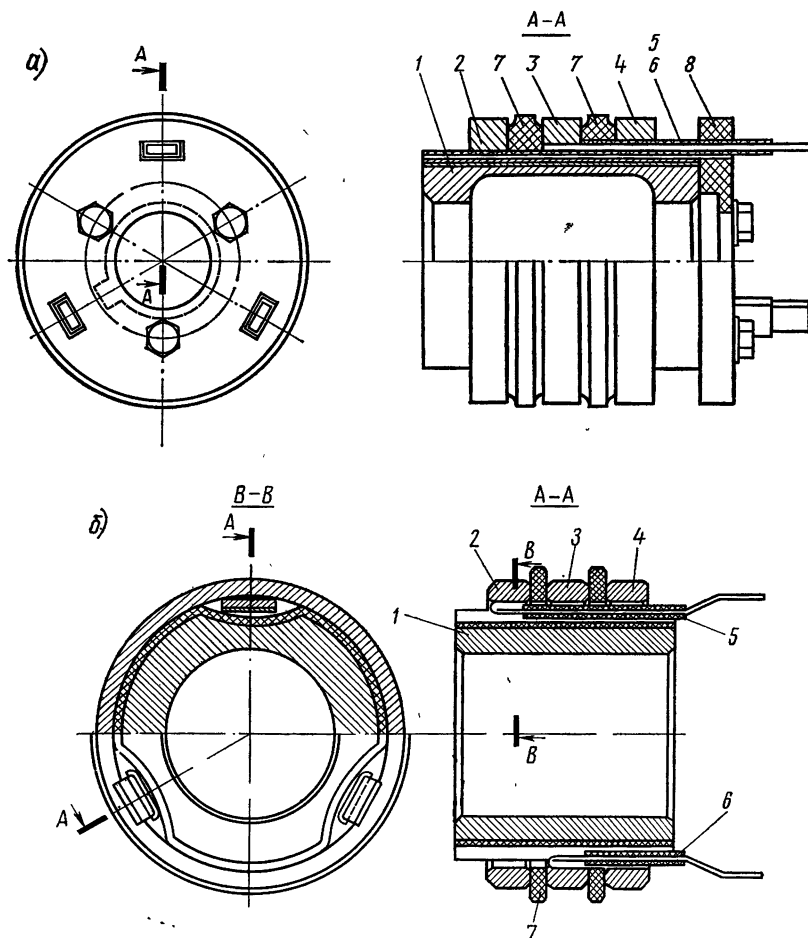


Рис. 6-22. Контактные кольца:

а — асинхронного двигателя единой серии; б — кранового двигателя

В целях выполнения этих требований наложенную на втулку изоляцию опрессовывают, а затем выпекают.

Опрессовка изоляции производится на гидравлическом прессе в пресс-форме, предварительно нагретой до температуры 160-180° С.

Пресс-форма представляет собой шесть разрезных конических плашек, охватываемых кольцом, с внутренней конической поверхностью (аналогично конструкции колец и плашек для опрессовки

коллекторов, но детали пресс-форм значительно тоньше, так как усилие опрессовки изоляции втулки намного меньше).

Выпекается изоляция в электрических печах при температуре 160–180°, куда помещается пресс-форма с запрессованным изделием и выдерживается там из расчета 25—30 мин на 1 мм толщины стекломиканитовой изоляции и 15–20 мин на 1 мм толщины бумажно-бакелитовой изоляции.

После выпечки охлажденное до температуры не выше 100° изделие выпрессовывается из пресс-формы. Затем напильником и шлифовальной шкуркой зачищают изоляцию с торцов втулки. Завершающей операцией будет операция контроля, т. е. проверка визуальным осмотром качества изоляции и на испытательной станции — ее электрической прочности.

Сборка контактных колец. Контактные кольца насаживают на изолированную втулку с натягом. Для того чтобы их можно было при сборке надеть на втулки свободно, кольца нагревают до температуры 300—350°.

При сборке втулку 1 устанавливают на стол пресса на оправку и на втулку надевают горячие контактные кольца 2, 3, 4 и две изолирующие шайбы 7. Все это (см. рис. 6-22) опрессовывается давлением 3—3,5 Т (29—34 кн). Не снимая с пресса, под давлением собранное изделие охлаждается сжатым воздухом до температуры не выше 80°.

После охлаждения, сняв контактные кольца с пресса, на выводные шины надевают изоляционные гильзы 5 и 6.

У контактных колец (рис. 6-22, а) на концах шин имеется провододержатель 8, который привертывается ко втулке болтами.

Свободные места между шинами и радиусными канавками (рис. 6-22, б) заполняются изолирующей замазкой.

Наружную поверхность контактных колец окрашивают серой эмалью.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

ГЛАВА VII

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОБМОТОЧНО-ИЗОЛЯЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

§ 7-1. Изделия, изготавливаемые в обмоточно-изоляционных цехах, и особенности их технологии

Обмотки электрических машин (катушек якорей, роторов, статоров, главных и дополнительных полюсов) изготавливают в обмоточно-изоляционных цехах электромашиностроительных заводов. В этих же цехах обычно изготавливают миканитовые манжеты коллекторов и производят изолировку различных металлических деталей (пальцы щеткодержателей и др.).

Технологический процесс изготовления катушек, несмотря на их большое конструктивное многообразие, имеет много общего.

Укрупненно его можно разделить на следующие группы операций:

- 1) заготовительные — резка изоляции, резка и правка медных шин, изготовление выводных концов;
- 2) по намотке и формовке, в результате выполнения которых катушке придается соответствующая форма;
- 3) по изолировке;
- 4) по пропитке и сушке катушек;
- 5) по контролю и испытанию катушек.

Обмоточно-изолирующие работы наряду с укладкой обмоток являются наиболее трудоемкими в сравнении с другими процессами производства электродвигателей. Это объясняется применением при выполнении этих работ ручного труда в большом объеме, так как конструкция катушек и применяемые материалы создают большие трудности для механизации и автоматизации процессов их изготовления.

В обмоточно-изоляционных цехах для изготовления изделий, как правило, применяется нестандартизированное оборудование, из которого наиболее распространены ручные и механизированные ножницы для резки изоляции, медерезательные станки для резки и правки медных шин, различные намоточные и формовочные станки, изолирующие головки, ванны и автоклавы для пропитки и печи для сушки катушек и др.

§ 7-2. Классы нагревостойкости электроизоляционных материалов

Одним из важнейших свойств, определяющих качество и срок службы электроизоляционных материалов, является их нагревостойкость, т. е. способность изоляции без ухудшения электроизоляционных свойств выдерживать воздействие высокой температуры при работе машины в нормальных для нее условиях эксплуатации в течение длительного времени (ряда лет).

Для каждого электроизоляционного материала существует своя предельно допустимая температура.

Все электроизоляционные материалы, близкие по нагревостойкости, объединяются в соответствующие классы, которые устанавливает ГОСТ 8865-58 (табл. 9).

Т а б л и ц а 9

Классы нагревостойкости электроизоляционных материалов

Классы нагревостой- кости	Температура, характери- зующая нагревостойкость материалов данного класса, <i>град</i>	Классы нагревостой- кости	Температура, характери- зующая нагревостойкость материалов данного класса, <i>град</i>
Y	90	F	155
A	105	H	180
E	120	C	более 180
B	130		

Нагревостойкость изоляции в электрических машинах определяется не только родом материала изоляции, но и зависит от лаков, которыми она пропитывается. В связи с этим стандартом для каждого класса электроизоляционного материала рекомендуются пропиточные лаки соответствующей нагревостойкости.

Ниже приводятся наиболее употребляемые электроизоляционные материалы и пропиточные лаки с разбивкой их на классы нагревостойкости:

класс А — текстильные и целлюлозные материалы (на основе хлопка, шелка, картон, фибра), пропитанные лаками на основе натуральных смол или битумными компаундами; изоляция эмальпроводов;

класс Е — изоляция эмальпроводов из синтетической пленки, пропитываемая битумно-масляными лаками на основе синтетических и натуральных смол;

класс В — слюда и слюдиниты, стекло- и асбестово-волокнистые материалы; изоляция эмальпроводов. Для пропитки применяются лаки на основе синтетических и натуральных смол;

класс F — слюда, стекловолонистые и асбестовые материалы, пропитываемые смолами и лаками соответствующей нагревостойкости (эпоксидные, термореактивные, полиэфирные, кремнийорганические);

класс Н — слюда, стекловолокно и асбестовые материалы, пропитываемые соответствующими данному классу нагревостойкости кремнийорганическими лаками.

При проектировании технологического процесса изготовления и укладки в электрическую машину обмоток технолог должен учитывать классы нагревостойкости, свойства изоляции и пропиточных материалов и, исходя из этого, назначать необходимое количество и соответствующие методы пропиток и устанавливать режимы сушки.

§ 7-3. Материалы, применяемые при изготовлении обмоток

При изготовлении электрических машин применяются различные изоляционные материалы, от качества которых зависит современный технический уровень изделий (техноэкономические показатели, надежность работы и срок службы электрических машин).

Основным в развитии электроизоляционных материалов является: широкое применение органических полимеров с повышенными электрическими и механическими характеристиками и нагревостойкостью;

замена материалов на основе щипаной слюды материалами из слюдяных бумаг (слюдиниты и слюдопласты);

создание материалов с высокой нагревостойкостью на основе неорганических полимеров;

повышение качества и более широкое внедрение пропиточных составов без растворителей;

разработка новых марок лаков для эмальпроводов более высоких классов нагревостойкости изоляции;

внедрение в крупных и тяговых электрических машинах стекло-слюдинитовой изоляции на термореактивных связующих (монолит).

Обмоточные провода. Обмоточные провода изготовляют из меди и алюминия с волокнистой, эмальволокнистой и эмалевой изоляцией.

Для изготовления машин с изоляцией нагревостойкости класса А ранее применялись провода:

с двойной хлопчатобумажной оплеткой марки ПБД;

одной хлопчатобумажной и другой лавсановой (к проводнику) оплетками марки ПЛБД;

с эмальволокнистым покрытием марки ПЭЛБО.

В настоящее время они почти полностью заменены проводами с эмалевой изоляцией марки ПЭВ-2 (винифлексовая изоляция).

Провода с эмалевой изоляцией имеют меньшую толщину изоляционного покрытия, чем провода с эмальволокнистой и волокнистой изоляциями. Они имеют также скользкую гладкую поверхность, облегчающую укладку проводов в пазы сердечников.

Для машин других классов нагревостойкости изоляции больше применяют провода:

для классов Е и В — эмальпровода марки ПЭТВ (покрытые полиэтилентерефталатными лаками ПЭ-939 и ПЭ-943), провода

со стекловолоконистой изоляцией марок ПСД с нормальной толщиной изоляции (0,23—0,33 мм) и марки ПСДТ с тонкой изоляцией (толщиной 0,18—0,23 мм);

для класса F — провод с полиэфирполиимидным покрытием марки ПЭТ-155, а также провода марок ПСД и ПСДТ;

для класса H — провода марок ПСДК и ПСДКТ, имеющие стекловолоконистую изоляцию, подклеенную кремнийорганическими лаками К-44 или К-47.

Изоляционные материалы. В качестве основных изоляционных материалов применяются электрокартон, лакоткани и стеклоткани, пленки из синтетических материалов, стеклоленты, асбестовые материалы и материалы на основе слюды (гибкий, формовочный и прокладочный миканиты, микаленты и стекломикаленты, различные слюдинитовые и слюдопластовые материалы).

Лакоткани и стеклолакоткани применяются в качестве основной изоляции обмоток нагревостойкости класса А, а в сочетании с электрокартоном — в качестве пазовой изоляции.

В электрических машинах с изоляцией класса Е для изолирования пазов сердечников широко применяется синтетическая пленка типа лавсан толщиной 0,05 мм, обладающая высокими электроизоляционными свойствами и высокой механической прочностью.

Пазовые гильзы изготовляют из лавсановой пленки в сочетании с электрокартоном, толщина которого 0,2 мм.

Для более высоких классов нагревостойкости в электрических машинах в качестве изоляции применяют миканитовые, слюдинитовые и стекловолоконистые материалы.

Материалы для изолирования обмоток и пазов сердечников применяются в виде лент и простынок.

Для изолирования проводников в местах повреждения изоляции (в местах изгиба) при изготовлении катушек применяют стеклянные ленты, пленку из фторопласта 4 (толщиной от 20 до 200 мкм). Места изгиба круглых проводов катушек изолируют, одевая стеклянный «чулок» марки АСЭЧ(б).

Пропиточные материалы. Для пропитки обмоток применяют лаки: масляно-битумные марок 458 и 447; масляно-глифталевые марок ГФ-95, МГМ-8, МЛ-82; термореактивные марок АФ-17 и ФЛ-98; водноэмульсионные марок 321Т и ПФЛ-86; кремнийорганические марок К-47 и К-47К и лаки без растворителей типа КП.

Кроме лаков, для пропитки катушек возбуждения класса А и статорных обмоток высоковольтных машин используют термопластичные битумные компаунды, не содержащие растворителей и твердеющие при охлаждении.

Для пропитки обмоток некоторых машин специального назначения применяют термореактивные полиэфирные компаунды марок КМГС-1, КМГС-2 и МБК.

Применение того или иного лака или компаунда определяется классом нагревостойкости изоляции, назначением и условиями работы электрической машины.

Так, лаком 458 пропитывают обмотки с изоляцией класса А, лаком 447 — классов А и В.

Водноэмульсионные лаки применяются для пропитки обмоток с изоляцией классов А, Е и В.

Масляно-битумные, масляно-глифталевые, термореактивные и кремнийорганические лаки разбавляют органическими растворителями (ксилол, толуол, уайт-спирит). Растворителем водноэмульсионных лаков (типа 321Т и ПФЛ-88) служит обыкновенная вода с добавлением эмульгатора ОП-10 и аммиака.

Для удаления растворителей после пропитки подвергают обмотки длительной печной сушке. Длителен и процесс компаундирования асфальтобитумными компаундами, которые применяются для пропитки обмоток с изоляцией класса А — полюсных катушек и катушек статоров высоковольтных электрических машин.

Наиболее технологичными являются лаки без растворителей типа КП (КП-10; КП-18; КП-23; КП-24), которые обладают способностью быстрого отвердевания в толстом слое.

Лаки типа КП, имеющие нагревостойкость класса В, обладают хорошей цементирующей способностью, но имеют серьезный недостаток — невысокую влагостойкость, что сужает область их применения. Лаки типа КП могут применяться только для электрических машин нормального исполнения.

Во ВНИИЭМ, создавшем эти лаки, разрабатывают опытные образцы новых типов лаков без растворителей более нагревостойких и влагостойких.

§ 7-4. Заготовительные работы

К заготовительным работам, выполняемым отдельными участками цеха, относятся: резка изоляционных материалов, правка и резка проводов прямоугольного сечения, изготовление выводных концов.

Резка изоляции. Изоляционные материалы, применяемые при изготовлении обмоток и в качестве пазовой изоляции, на электромашиностроительные заводы поступают в листах и рулонах.

Листовую изоляцию разрезают на заготовки требуемых размеров на ручных или механизированных ножницах. Рулоны на отдельные полосы разрезают на специальных роликовых ножницах (рис. 7-1).

Ручные рычажные ножницы для резки изоляции (особенно в электроремонтных цехах) благодаря простоте конструкции и универсальности еще находят применение, хотя работа на них тяжела и малопроизводительна. Они состоят из подвижного и неподвижного ножей и стола. Неподвижный нож закреплен на столе, а подвижный — на рычаге ножниц. Рычаг скреплен со столом с помощью оси, вокруг которой он поворачивается на определенный угол. С одной стороны рычага имеется противовес для облегчения поворота рычага, а с другой — рукоятка, за которую рычаг с подвижным ножом опускается и поднимается. На столе станка имеется передвижной упор для установки разрезаемых листов на определенную ширину.

На многих заводах резка листовой изоляции механизирована и производится на гильотинных ножницах с автоматической подачей материала в зону резки. Процесс резки часто совмещен с формовкой пазовых коробочек.

Пазовые коробочки изготавливают из изоляционного материала. Им придают форму, соответствующую форме паза сердечника, куда они вставляются перед укладкой обмотки.

На рис. 7-2, а показаны общий вид станка и его кинематическая схема (рис. 7-2, б) для резки изоляционного материала и формовки пазовых коробочек.

Станок состоит из механизма подачи изоляционных материалов, узла эксцентрикового пресса со штампом для резки материала и формовки коробочек, механизма привода. Все эти узлы закреплены на литой станине.

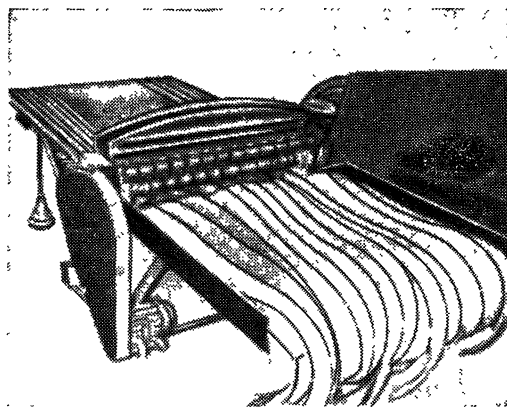


Рис. 7-1. Роликовые ножницы

Разрезаемый материал подается под штамп стальными шлифованными валиками 6, прижимаемыми друг к другу пружинами 5. Вращение для подачи материала валики получают от электродвигателя через систему передач и фрикционную муфту 3. Верхние полукольца 2 пружины 4 прижимаются к диску фрикционной муфты и при вращении «вперед» передают ему движение, а вместе с ним

поворачиваются и валики 6, подавая материал под нож 7 штампа 8.

При вращении полуколец в обратном направлении храповое колесо 10 упирается в неподвижную собачку 9, фрикцион 3 буксует, при этом валики 6 остаются неподвижными.

Вращение подающих валиков, их остановка, движение ползуна пресса с ножом 7 согласованы между собой.

Изоляционный материал разрезается ножом 7 в тот момент, когда валики 6 не вращаются. При движении вниз ползуна пресса происходит формовка пазовой коробочки.

Величина подачи регулируется изменением эксцентриситета кулисы 1 и уточняется храповым колесом, имеющим шаг между зубьями 0,5 мм.

На станке могут разрезаться изоляционные материалы толщиной до 0,5 и шириной до 800 мм. Наименьшая и наибольшая ширина нарезаемых полос соответственно 2,5 и 100 мм.

Правка и резка проводов прямоугольного профиля. Одновитковые катушки якоря и стержневые обмотки электрических машин пере-

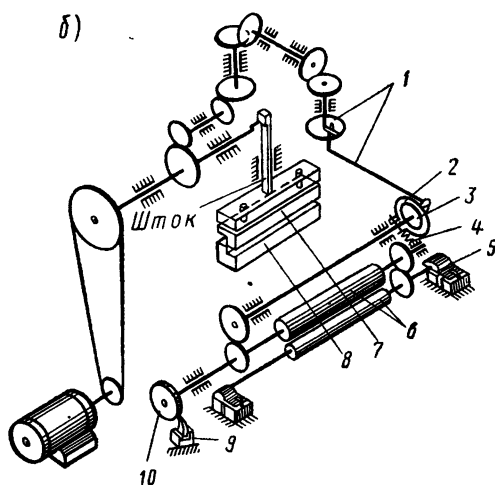
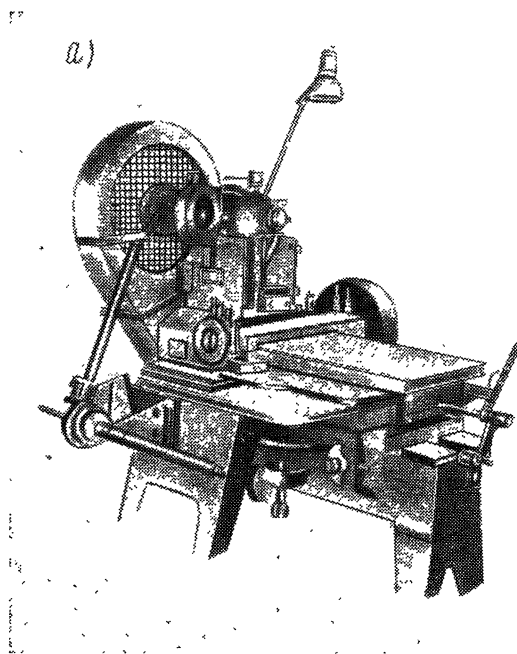


Рис. 7-2. Станок для резки изоляционных материалов
и формовки пазовых коробочек

менного тока изготавливают из медных изолированных и неизолированных проводов прямоугольного профиля.

Заготовкой для таких обмоток служат прямые проводники соответствующей длины.

Кабельные заводы прямоугольные провода поставляют в бухтах.

Правка и резка проводов на заготовки производится на медерезательных станках различных конструкций.

По принципу перемещения рабочих органов эти станки можно разделить на два вида: а) медерезательные станки с приводом каретки от кривошипно-шатунного механизма (рис. 7-3); б) медерезательные станки с приводом каретки бесконечной цепью.

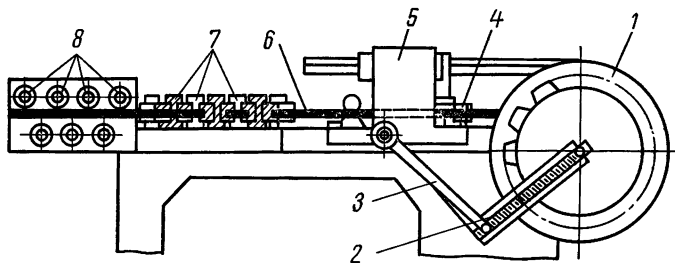


Рис. 7-3. Медерезательный станок с кривошипно-шатунным приводом

Резка и правка медных шин на станке (см. рис. 7-3) осуществляется в следующей последовательности. Бухта шинной меди надевается на вращающуюся стойку, установленную рядом со станком. Конец шины *б* захватывается зажимом *4* каретки *5* и при ее движении вправо шинная медь протягивается через систему роликов *8*, выправляющих шину по толщине, и ролики *7*, выправляющие ее по ширине. В конце хода каретки шина отрезается ножом, установленным в правой части станка.

Каретка имеет возвратно-поступательное движение, которое она получает от кривошипно-шатунного механизма, состоящего из шатуна *3* и кривошипа *2* с делениями.

При движении влево зажим *4* освобождает шину и каретка скользит вдоль шины.

Длина отрезаемой шины регулируется ходом каретки, который устанавливается за счет изменения длины кривошипа.

Если необходимо получить шину длиной больше хода каретки, то станок настраивают так, чтобы нож отрезал шину после нескольких оборотов колеса *1*.

Изготовление выводных концов. Выводные концы статоров и индукторов изготавливают из гибкого кабеля, а полюсные катушки в качестве выводов имеют гибкий кабель или медные пластины. Марку провода выбирают в зависимости от класса нагревостойкости: для класса А — провода с резиновой (ПРГ) и полихлорвиниловой

(УВГ) изоляциями, для классов F и H — с кремнийорганической (РКГМ) и фторопластовой (ПТЛ-200 и ПТА-250) изоляциями.

Медные выводные пластины изготавливают из шинной меди толщиной 1 мм. Заготовки для пластин отрезают от медной шины на пневматических или ручных ножницах, а затем пластине на шаблоне придают соответствующую форму гибкой заготовки.

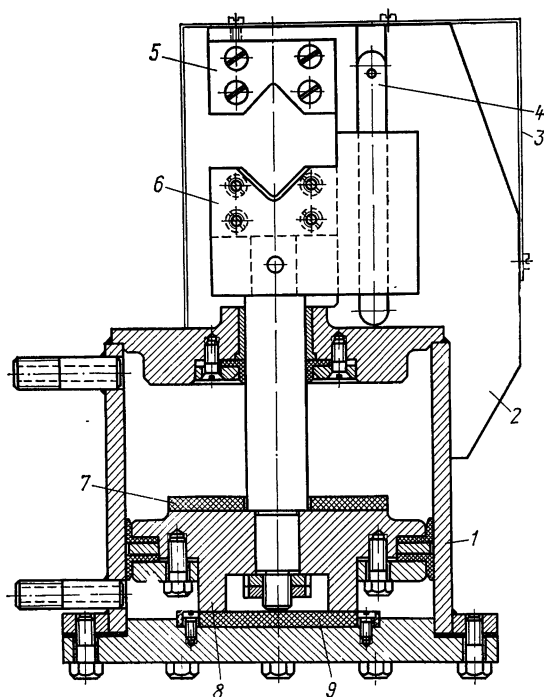


Рис. 7-4. Пневматические ножницы для резки кабеля

Концу пластины, к которому будет припаян провод катушки, штампом придается U-образная форма, а у второго конца пробивают соединительное отверстие и конец облуживают.

Выводные концы из кабеля изготавливают резкой на ножницах (рис. 7-4) по размеру, указанному в чертеже, затем зачищают концы от изоляции и припаивают к ним кабельные наконечники.

Пневматические ножницы для резки кабеля состоят из цилиндра 1, на штоке поршня которого закреплен подвижный нож 6. Второй неподвижный нож 5 укреплен на кронштейне 2, приваренном к корпусу цилиндра.

Для направления движения ножа 6 служит шпонка 4. Приспособление закрепляется на столе рядом с приспособлением для снятия изоляции с концов кабеля.

Для безопасности работы ножницы закрыты кожухом 3, имеющим отверстие для прохода кабеля.

Вставленный между ножами кабель отрезается подвижным ножом, получающим движение при включении пневмоцилиндра. Для амортизации поршня 8 при ударе в конце его движения служат прокладки 7 и 9.

Изоляция с концов кабеля снимается на ножницах аналогичной конструкции, у которых ход ножа ограничен, а профиль режущих

кромek ножей соответствует диаметру кабеля. Когда ножи сомкнулись и надрезут изоляцию, кабель из ножей вытаскивают, освобождая конец его от изоляции. Затем зачищают от изоляции второй конец кабеля.

Ножи у приспособления делаются сменными в зависимости от диаметра кабеля.

Подобный процесс изготовления выводных концов применяется в условиях мелкосерийного производства.

Резка кабеля для заготовок необходимой длины с зачисткой от изоляции обоих концов при массовом производстве электродвигателей единой серии осуществляется на специальных станках.

На рис. 7-5 показан автомат для резки провода и за-

Рис. 7-5. Автомат для резки провода и зачистки выводных концов

чистки выводных концов обмоток электрических машин серий А и АО 5-го и 7-го габаритов. В сварном корпусе такого станка смонтированы электродвигатель, редуктор, механизмы резки и зачистки.

На станке могут готовиться выводные концы сечением до 4 мм^2 и длиной до 450 мм.

ГЛАВА VIII

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБМОТОК ЯКОРЕЙ, РОТОРОВ И СТАТОРОВ

§ 8-1. Типы обмоток и область их применения

В электрических машинах постоянного и переменного тока применяют три вида обмоток: вьспные, шаблонные и стержневые, отличающиеся друг от друга по конструкции и технологии изготовления.

Всыпные обмотки наматываются из круглого изолированного провода на станках на специальные шаблоны. Формы с точно установленными размерами они не имеют, а укладываются (всыпаются) в полузакрытые пазы сердечников через узкие шлицы по одному проводнику.

Шаблонные обмотки изготовляют из круглых изолированных и прямоугольных проводов различных размеров. Шаблоном обмоткам придается определенная форма, проводники ее изолируются общей изоляцией. В таком виде катушки укладываются в пазы сердечников. Шаблонные обмотки иначе называют жесткими или формованными. Стержневые обмотки применяются в основном в роторах электродвигателей мощностью свыше 100 *квт*. Шаблонные обмотки укладывают в открытые и полуоткрытые пазы, а стержневые вставляют в полузакрытые пазы с торца пакета ротора.

Обмотки статоров. Статоры электрических низковольтных машин мощностью от 0,6 до 100 *квт* имеют сыпную, а свыше 100 *квт*, шаблонную обмотку из прямоугольного провода. В машинах мощностью до 7 *квт* применяется однослойная, а в машинах мощностью свыше 10 *квт* — двухслойная обмотка. Наружная изоляция на шаблонные обмотки накладывается лентой, а на пазовые части — лентой или простынкой. К статорным обмоткам высоковольтных асинхронных электродвигателей и синхронных генераторов на напряжение 3300 и 6600 *в* предъявляются более высокие требования, чем к обмоткам низковольтных машин.

Электрические машины на высокое напряжение работают на ответственных участках, поэтому они должны обладать высокой надежностью, которая обеспечивается главным образом надежностью обмоток. Надежность обмоток определяется конструкцией и технологией изготовления. Витковая и наружная изоляции катушек таких обмоток должны иметь высокую электрическую и механическую прочность. Электрическая прочность собственной изоляции проводов для высоковольтных катушек не является достаточной и, чтобы ее увеличить, на каждый проводник накладывают дополнительную витковую изоляцию.

Для катушек с изоляцией классов А и В, наматываемых проводами марок соответственно ПБД и ПСД, дополнительной витковой изоляцией служит микалента толщиной 0,1—0,13 *мм*, накладываемая на каждый проводник в один слой в 1/3 нахлеста. Провода марки ПСД катушек класса нагревостойкости В и F дополнительно изолируют стекломикалентой толщиной 0,13 *мм* в один слой в 1/2—1/3 нахлеста. Наружная изоляция высоковольтных катушек состоит из нескольких слоев микаленты марки ЛМЧ-41, количество которых принимается большим, чем у низковольтных машин. Статорные катушки пропитываются в битуме. В процессе изготовления изоляцию высоковольтных обмоток статоров испытывают напряжением, увеличенным против рабочего в три — четыре раза.

Обмотки фазных роторов. Фазные роторы электрических машин мощностью до 10 *квт* имеют сыпную однослойную обмотку, машины

мощностью от 10 до 100 *квт* — шаблонную обмотку из прямоугольных проводов и машины мощностью свыше 100 *квт* — стержневую. Стержни ротора изготовляют из медных проводов прямоугольного сечения. С одной стороны у стержня изгибается лобовая часть, другому концу форма лобовой части придается непосредственно на роторе после укладки стержня в паз сердечника.

Обмотки якорей. В машинах постоянного тока мощностью до 10 *квт* якорные обмотки всыпные и их укладывают в полузакрытые пазы. Наматываются они из тех же марок проводов, что и всыпные обмотки статоров и роторов.

Якоря электрических машин мощностью свыше 10 *квт* имеют шаблонную обмотку. В якорях большой мощности применяют стержневые обмотки. Катушки шаблонной обмотки, исходя из технологии изготовления, делятся на многovitковые и одновитковые.

§ 8-2. Изготовление одновитковых катушек якоря

Одновитковые катушки якорей изготовляют из медных проводов прямоугольного сечения.

Для катушек электрических машин с изоляцией класса А применяют изолированные провода марок ПБД и ПЭВП, а для машин класса В катушки изготовляют из неизолированных медных проводов и проводов, изолированных стеклянкой изоляцией марки ПСД. Процесс изготовления катушек из голых медных шин очень трудоемкий, так как на каждый проводник необходимо наложить витковую изоляцию из микаленты, что обычно делают вручную.

За последнее время неизолированные провода вытеснены проводами марки ПСД. Из проводов этой марки изготовляют также катушки для машин с изоляцией класса F. В катушках якоря электрических машин с изоляцией класса H применяют провода марок ПСДК и ПСДКТ. Для примера конструкции одновитковых катушек на рис. 8-1 изображена катушка якоря тягового электродвигателя с кремнийорганической изоляцией.

Технологический процесс изготовления одновитковых катушек якорей состоит из нижеописанных основных последовательно выполняемых операций. Форму катушки, предусмотренную чертежом, получают в результате выполнения четырех гибочных операций: формовки головки, разводки лобовых частей и формовки верхней и нижней полукатушек (две операции).

Формовка головок. Формуется головка в результате перегиба проводников «на ребро». Операцию формовки выполняют на станках различной конструкции, но чаще на станке, изображенном на рис. 8-2. На плите 3 квадратного стола 2 этого станка укреплены пневматический цилиндр 11 для бокового прижима пакета меди и поворачивающаяся вокруг шарнира 4 верхняя плита 7 с вертикальным прижимом 5. Под крышкой стола расположен вертикальный вал 9 с насаженной на него червячной шестерней редуктора 8, получающего вращение от электродвигателя 10. Червячная шестерня

Работа на станке осуществляется в следующей последовательности: набранный пакет шин закладывают в паз, образованный между сменной оправкой 6 (с радиусом, равным внутреннему радиусу



- 1 — провод медный ПСДКТ $1,56 \times 10$; 2 — простынка из гибкого слюдинита; 3 — лента стеклянная; 4 — стеклолакоткань

171

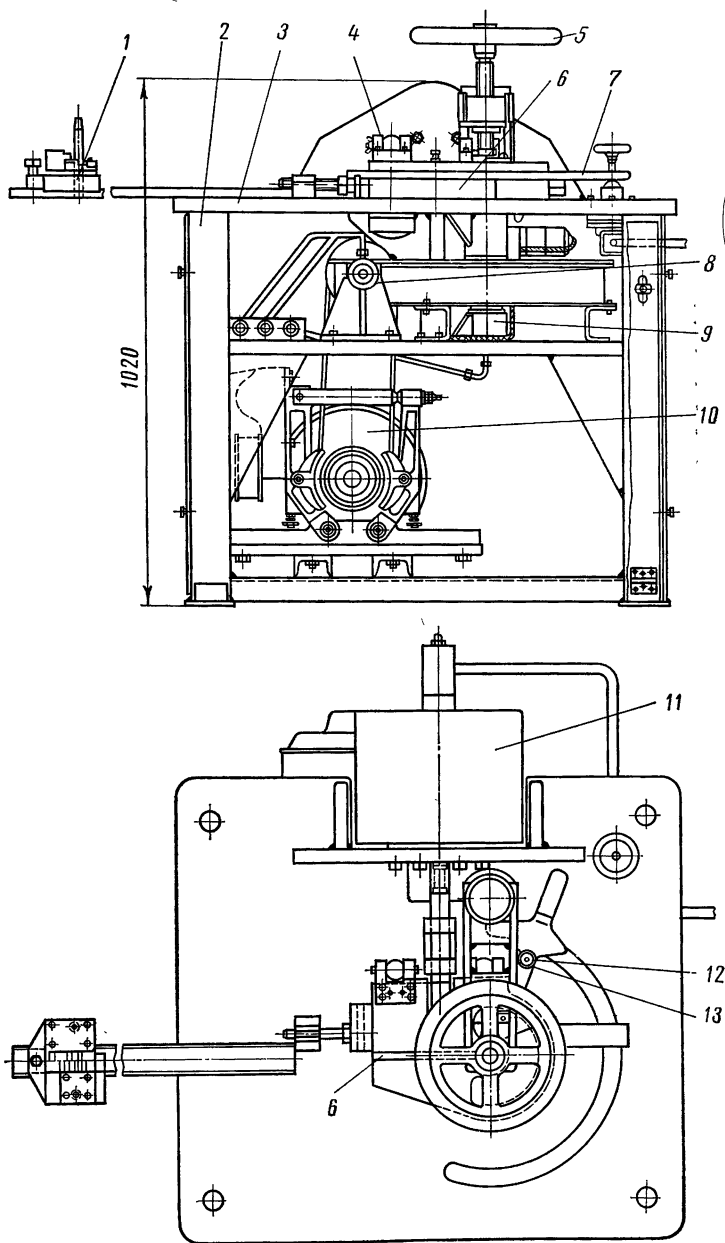


Рис. 8-2. Станок для формовки головок одновитковых катушек

с роликом, описывая полукруг, через клин загибает пакет медных шин вокруг закругленного торца оправки.

Разводка лобовых частей. Следующей гибочной операцией изготовления одновитковых катушек является операция разводки лобовых частей на пневматических приспособлениях (рис. 8-3). Приспособление закрепляется на столе за лапы сварного основания 2. Пакет шин, согнутых на ребро, головкой устанавливают в паз между неподвижной 10 и подвижной 9 губками. Нажимом на педаль 11 поворачивают кран 12 и этим производится включение пневмоцилиндров. Пневмоцилиндр 7 подвижной губкой закрепляет головку

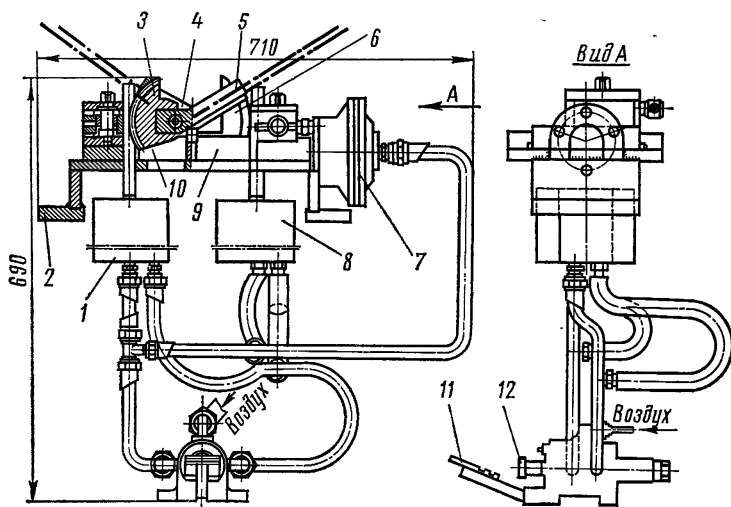


Рис. 8-3. Пневматическое приспособление для разводки лобовых частей

пакета шин, а цилиндры 1 и 8, имеющие штоки-рейки, приводят во вращение зубчатые секторы 3 и 6 с планками 5 и 4, посредством которых производится развод лобовых частей на заданное расстояние. На рис. 8-3 положение планок 4 и 5 показано в конце развода. Первоначально они занимают вертикальное положение.

Формовка полукатушек. Операции формовки полукатушек являются завершающими гибочными операциями, после выполнения которых получают катушку формы, предусмотренной чертежом.

Формовка полукатушек — самая сложная и трудоемкая из гибочных операций. Производится она на большинстве заводов на специальных гибочных приспособлениях, называемых *горбылями*. Для гибки катушек волновой обмотки таких горбылей применяют два: на одном из них формуют нижнюю, на втором — верхнюю полукатушки. На рис. 8-4 показан горбыль для формовки верхней части катушки, изображенной на рис. 8-1. Горбыль представляет собой сварную конструкцию из толстой листовой стали, выполненную в виде макета части сердечника якоря, в которой будет укладываться

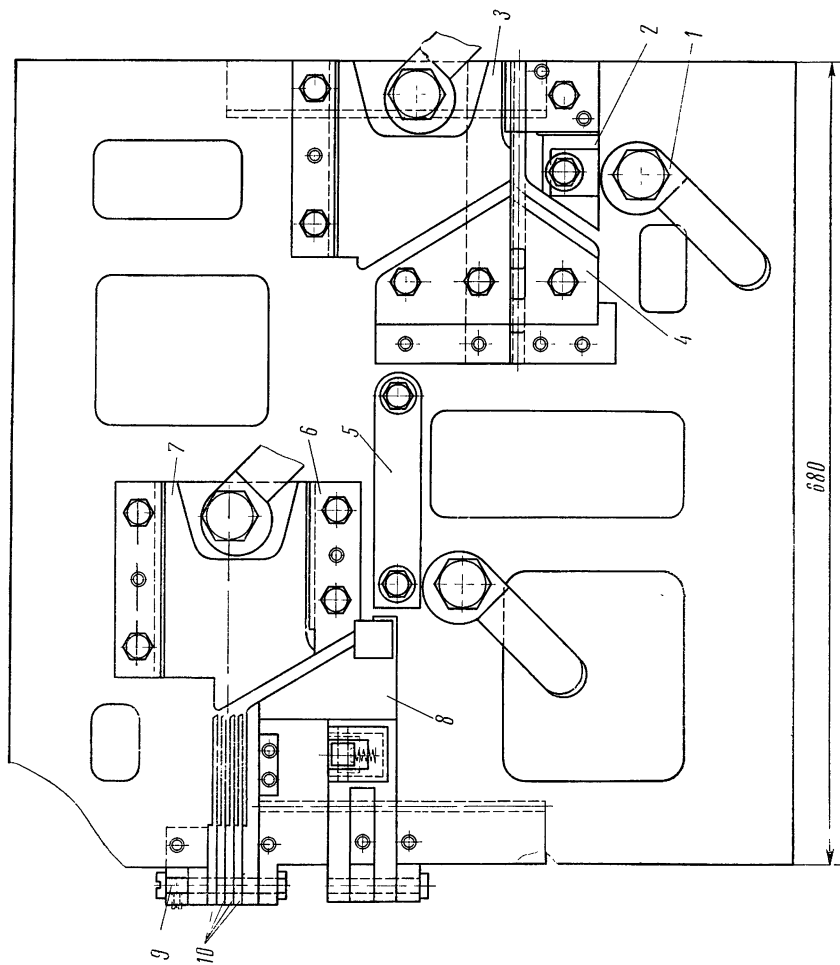


Рис. 8-4. Горбыль для формовки верхней части катушки якоря

изготавливаемая катушка. Заложив головку заготовки в продольный паз, а лобовую часть нижней полукатушки — в паз между упором 4 и прижимом 2 и закрепив их эксцентриком 1, приступают к формовке верхней полукатушки.

При формовке верхней полукатушки первоначально выгибают по радиусу лобовую часть, затем пазовую, потом вторую лобовую часть и наконец отгибают концы катушки. Катушку гнут ударами молотка по медным шинам. После гибки каждая часть эксцентриковым зажимом закрепляется между упорами 6 и 8 и подвижными прижимами 3, 5, 7. Для получения заданного чертежом расстояния между концами катушки помещают прокладки 10, шарнирно закрепленные на оси 9, которые последовательно закладывают между концами по мере их гибки. После формовки, освободив эксцентриковые зажимы, катушку снимают с горбыля. Для облегчения веса горбыля в его теле сделаны прямоугольные окна. Завершающими операциями изготовления катушек являются операции изолировки, контроля и упаковки.

§ 8-3. Изготовление многовитковых катушек якоря

Многовитковые катушки наматывают из изолированных проводов круглого или прямоугольного сечения (рис. 8-5). Катушки

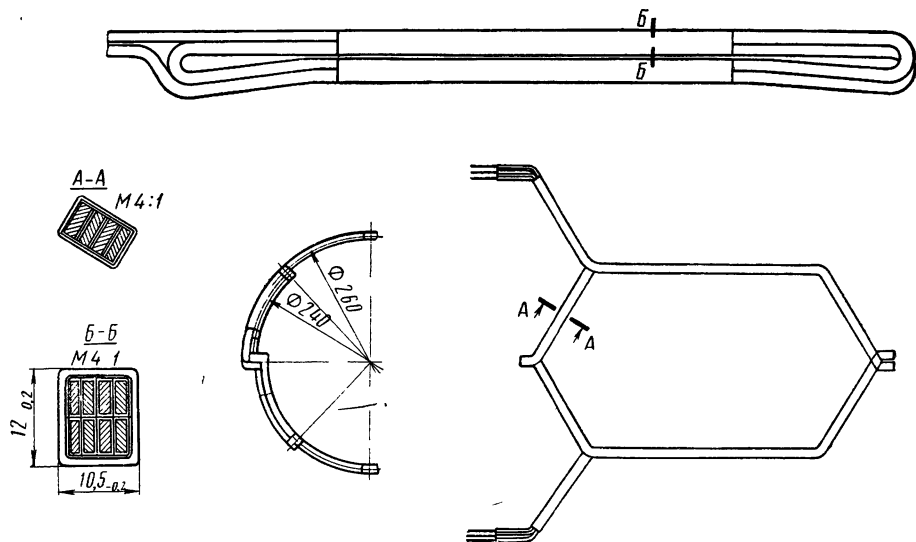


Рис. 8-5. Многовитковая катушка якоря

из прямоугольных проводов имеют двойную головку со стороны, противоположной выводным концам.

При некотором различии в выполнении отдельных операций технологический процесс изготовления является общим как для катушек из круглых, так и прямоугольных проводов.

Ниже приводится описание изготовления многовитковых катушек. Многовитковые катушки имеют сложную пространственную форму с изгибом в различных плоскостях. Эта форма им придается в результате выполнения трех операций: намотки на шаблон, растяжки пазовых частей катушек и формовки лобовых частей.

Намотка катушек. Намотка катушек производится на шаблоны на станках, в результате чего катушкам придается форма лодочки.

Такая форма выбрана не случайно: после намотки на шаблон получают сформованными места перегиба головок катушек и подготовленными для формовки пазовые и лобовые части верхней и нижней сторон катушки.

На рис. 8-6 показаны шаблоны для намотки заготовок-лодочек из круглого и прямоугольного проводов. Они состоят из щек 1 и 6, сердечника 3, планки 2, за которую шаблоны закрепляются на шпинделе станка.

Для образования двойной головки при намотке катушки из прямоугольного провода шаблон (рис. 8-6, б) имеет два ручья, разделенных съемной перегородкой 7 с наклонным пазом для перехода

из ручья в ручей. Щека 6 съемная и крепится к сердечнику шаблона с помощью двух клиньев 5.

Приваренный к щеке изогнутый поводок 4 имеет овальную прорезь для зажима провода в начале намотки.

Растяжка пазовых частей катушек. В процессе растяжки пазовые части катушки разводятся на расстояние, несколько большее расстояния между пазами якоря, в который будет укладываться катушка, так как после растяжки лобовые части получают прямоугольную форму вместо радиусной, предусмотренной чертежом.

После выгибки лобовых частей по радиусу расстояние между пазовыми частями будет равно расстоянию между пазами сердечника. Операция растяжки выполняется на специальных растяжных

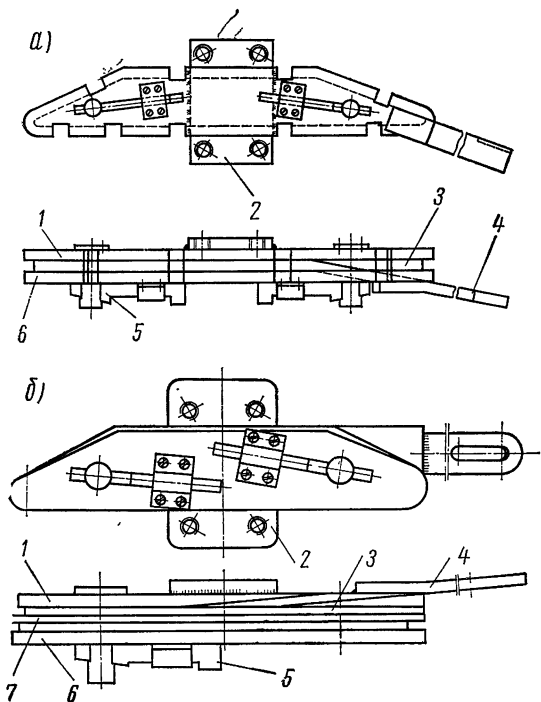


Рис. 8-6. Шаблоны для намотки заготовок-лодочек многовитковых катушек:

а — из круглого провода; б — из прямоугольного провода

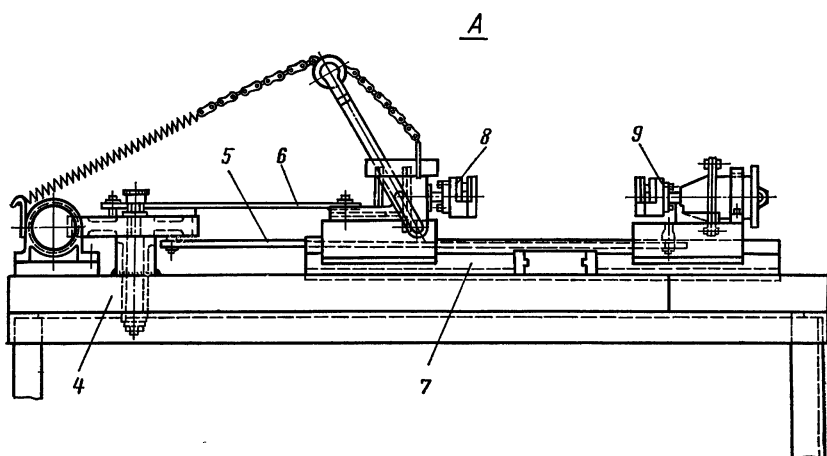
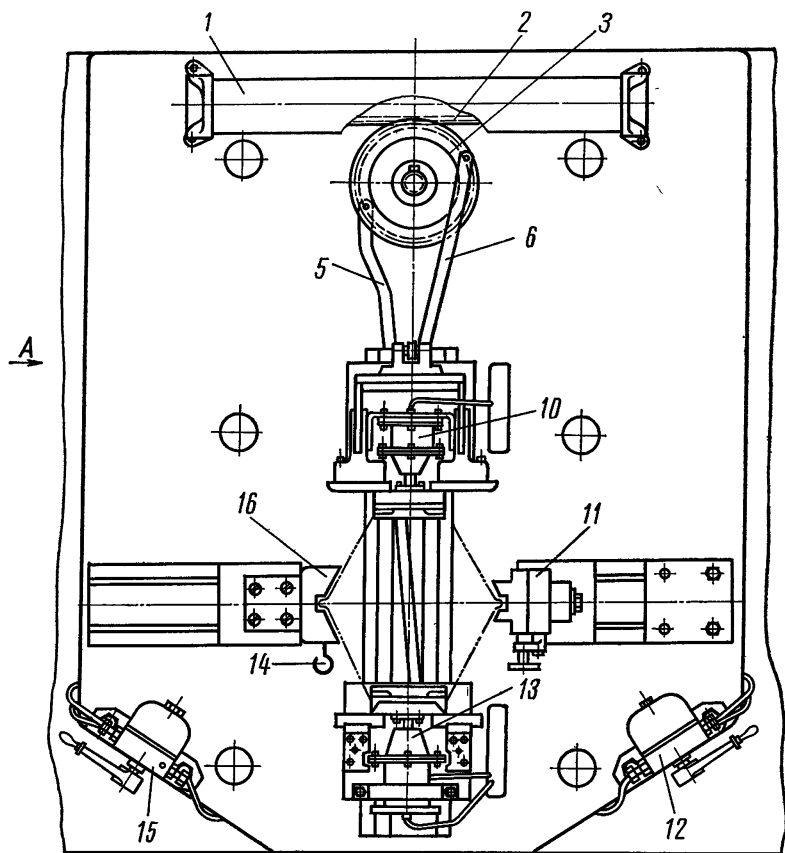


Рис. 8-7. Растяжной станок

станках. Перед растяжкой катушки из прямоугольных проводов по всему периметру бандажуются хлопчатобумажной лентой для предохранения витков от смещения и повреждения изоляции в процессе растяжки.

Бандажирование катушек из круглого провода, у которых высота значительно больше ширины, не предохраняет витки катушки

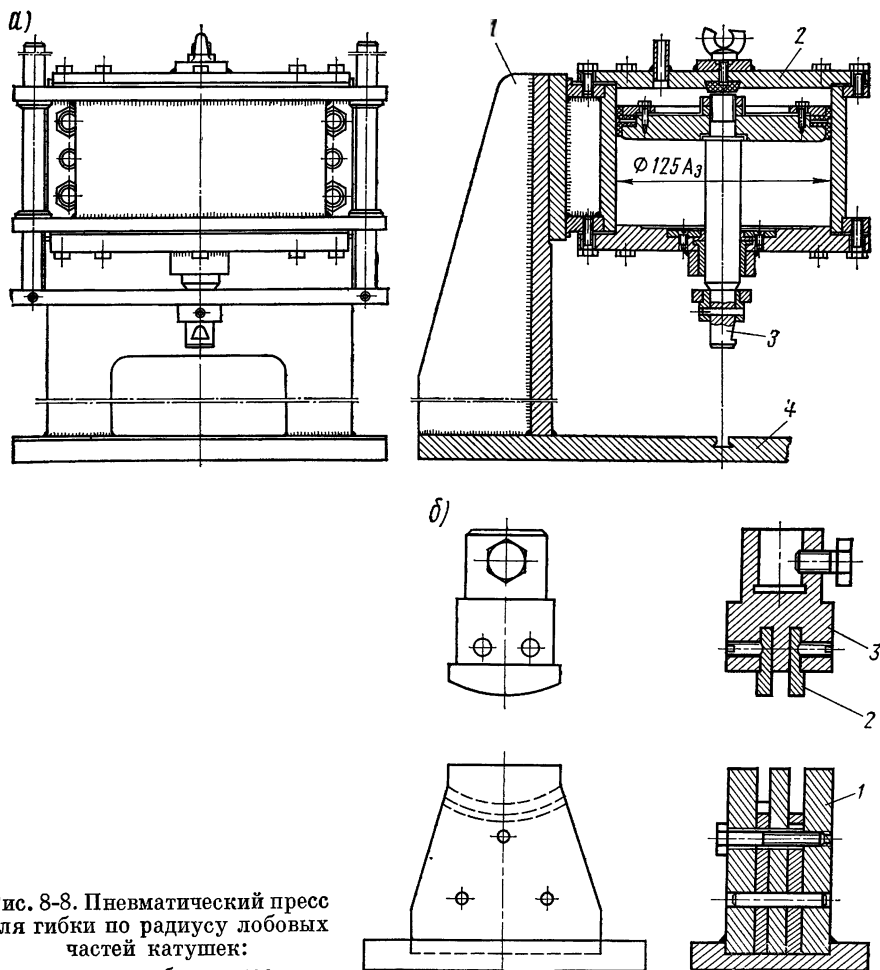


Рис. 8-8. Пневматический пресс для гибки по радиусу лобовых частей катушек:

а — пресс; б — штамп

от смещения в процессе растяжки. Такие катушки предварительно пропитывают, а потом растягивают. После пропитки эти катушки полностью не высушиваются, с тем чтобы витковая изоляция не потеряла эластичность. Растягивать катушки следует сразу, как только закончится сушка.

Растяжной станок (рис. 8-7) устанавливается и закрепляется на столе за основание 4, на котором по продольным направляющим 7

перемещаются верхний 8 и нижний 9 пазовые кулачки. Приводятся они в движение от пневматического цилиндра 1 через реечную шестерню 3, сцепленную со штоком-рейкой 2 и тягами 5 и 6. По поперечным направляющим свободно перемещаются головные кулачки 11 и 16. В пазовых кулачках пазовая часть катушки закрепляется пневматическими цилиндрами 10 и 13, включаемыми в работу краном 12; в головных кулачках головки катушки фиксируются штырями 14. На рисунке положение всех механизмов станка показано в конечный момент растяжки. Перед установкой растягиваемой катушки верхний и нижний пазовые кулачки находятся друг над другом и в одной плоскости с головными кулачками. В процессе растяжки пазовые кулачки с помощью пневмоцилиндра, включаемого краном 15, разводятся на заданное расстояние, а головные кулачки свободно перемещаются к центру.

Формовка лобовых частей катушек. Лобовым частям катушек, намотанным из прямоугольного и круглого провода большого диаметра, до укладки в пазы сердечника необходимо придать радиусную форму. У катушек из тонких круглых проводов лобовые части предварительно по радиусу не выгибаются, так как нужную форму они легко принимают при укладке в пазы сердечника.

Формуются лобовые части катушек на макетах из алюминия ударами молотка через фибровую прокладку или в специальном штампе на пневматическом прессе (рис. 8-8). Пресс устанавливается на столе рядом с растяжным станком. Он состоит из основания 4, сварной стойки 1, пневмоцилиндра 2. На штоке 3 поршня пневмоцилиндра закрепляется верхняя часть штампа, состоящая из пуансонодержателя 3 (рис. 8-8, б) и двух пуансонов 2. Матрица 1 штампа имеет два ручья, в одном из них гнутся лобовые части нижней стороны катушки, а в другом — верхней. Поэтому основания ручьев изготовлены с различной кривизной, а глубина их имеет разницу на высоту одного витка. Для удобства укладки и выемки катушек из матрицы ручьи ее выполняются расширяющимися кверху. Дальнейшими операциями изготовления катушек будут лужение концов, изолировка, контроль и упаковка.

§ 8-4. Изготовление шаблонных катушек статора и стержней ротора

Изготовление катушек статора. Технологический процесс изготовления шаблонных катушек статора низковольтных электрических машин мало чем отличается от процесса получения шаблонных катушек якоря. Для намотки и растяжки катушек применяются те же станки или станки аналогичных конструкций.

Ряд отличий имеет процесс изготовления из провода марки ПБД шаблонных катушек высоковольтных машин на 3000 в и выше. Такие катушки наматываются на станках на круглый шаблон. В процессе намотки на провода накладывается дополнительная витковая изоляция из микаленты, так как электрическая прочность собственной изоляции недостаточна.

Станок (рис. 8-9) типа ШЛМ завода «Электросила» имеет несложную кинематическую схему. От двигателя 11 при включении фрикционной муфты 7 через ременную передачу приводится во вращение распределительный валик, от которого с одной стороны через зубчатую передачу 6 движение передается механическому обмотчику, состоящему из двух наклонных дисков 5 с роликами ленты, а с другой стороны через цилиндрическую передачу 10 и червячную пару 12 — шаблону 1. Скорость вращения обмотчика и шаблона согласована. За один оборот обмотчика провод передвигается

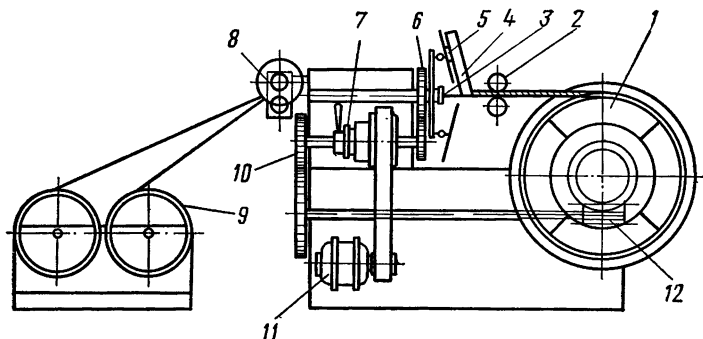


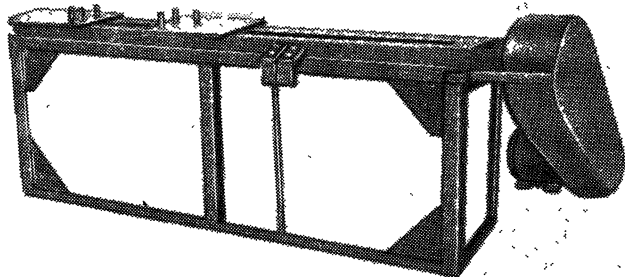
Рис. 8-9. Кинематическая схема изолировочного станка ШЛМ

на ширину изолирующей ленты за вычетом величины перекрытия. Намотка на шаблон и изолировка провода осуществляются следующим образом. Провод, сматываемый с барабанов 9, проходит через ролики 8, натяжные зажимы при входе и выходе из шпинделя 3, ролики 2 и наматывается на шаблон. На участке между зажимом на выходе из шпинделя и роликами 2 провод изолируется микалентой 4. Круглой катушке, полученной на шаблоне, придается форма лодочки путем растяжки на станке (рис. 8-10). Заготовка надевается на три ролика 4 неподвижной части станка 3 и три ролика 5 подвижной каретки 2. При включении двигателя 6 ходовой винт 1 перемещает каретку 2 и катушка из цилиндрической получается в форме лодочки. Дойдя до упора, станок автоматически останавливается. Растяжка пазовых частей катушек статора производится на тех же станках, что и для низковольтных катушек.

Статорные катушки высоковольтных машин имеют наружную изоляцию из нескольких слоев микаленты. Накладывается она на катушки на специальных изолировочных станках. На станке типа ЛШ-4 (рис. 8-11) изолируемая катушка 10 закрепляется в держателях 2, установленных на каретке станка. От электродвигателя 8 вращение через муфту 6 передается распределительному валу 1, от которого: а) через червячную пару 5, рейку 4 и шестерни z_1 и z_2 перемещается изолируемая катушка; б) при включении муфты 9

через шестерню, сидящую на валу *II*, приводится во вращение изолировочная головка *З* с роликами микаленты. Для изолирования лобовых частей катушкодержатели поворачиваются на определенный угол ходовым винтом *1*. Перемещение каретки в обратном направлении осуществляется переключением реверсивной муфты *7*. Переставив катушку, производят изолирование второй стороны ее.

а)



б)

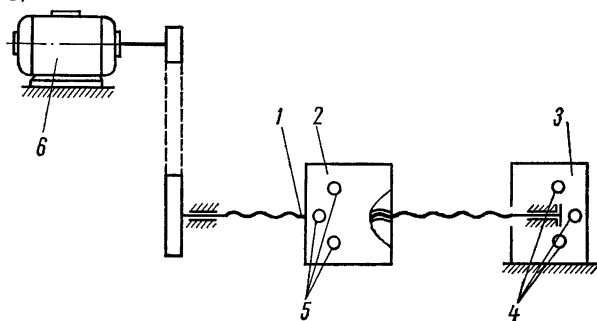


Рис. 8-10. Станок для растяжки кольцевых заготовок:
а — общий вид станка, *б* — кинематическая схема

{ Изготовление стержней ротора. Стержневые обмотки роторов, имеющие несложную форму (рис. 8-12), в изготовлении значительно проще, чем шаблонные катушки статора. Вначале заготовки правят и отрезают на медерезательных станках, применяемых для резки медных шин одновитковых катушек, при этом от бухты меди отрезают заготовки, длина которых равна развернутой длине стержня. Заготовки для стержней верхнего слоя должны быть несколько длиннее заготовок нижнего слоя, так как их лобовые части выгибаются по большому радиусу. После резки и правки концы заготовок облуживают, если в дальнейшем соединение стержней скобочками

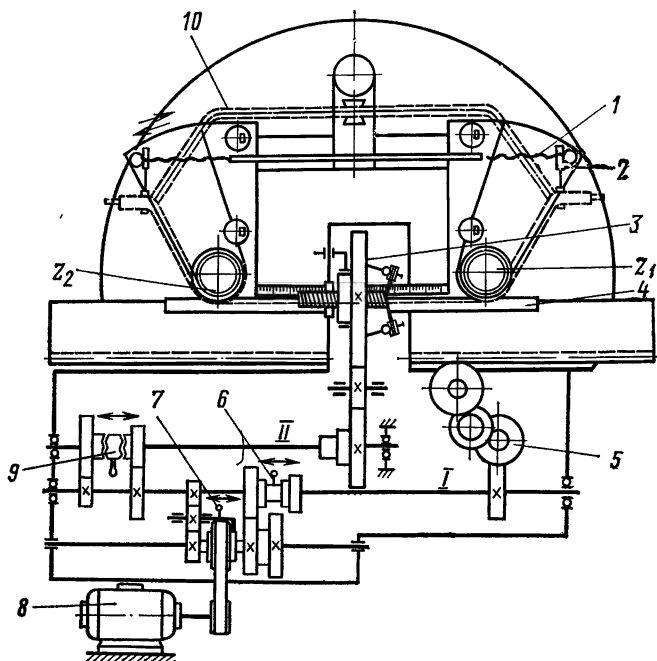


Рис. 8-11. Кинематическая схема изолирующего станка ЛШ-4

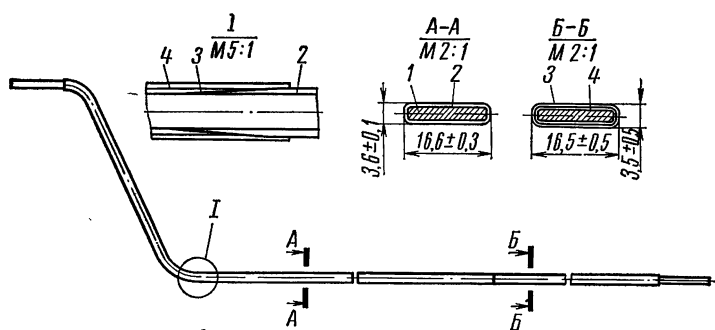


Рис. 8-12. Стержень ротора электродвигателя АК-2 9-го габарита:
1 — стержень; 2 — обертка; 3 — слюдинитовая лента; 4 — лента стеклянная

будет производиться припоем ПОС-30. При пайке скобочек со стержнями припоем ПМФ предварительной подготовки не требуется.

Сердечники ротора со стержневой обмоткой имеют полузакрытые пазы, в которые стержни вставляют с торца пакета. Поэтому при изготовлении стержней лобовая часть у них гнется только с одной стороны. Для этой цели применяются специальные пневматические

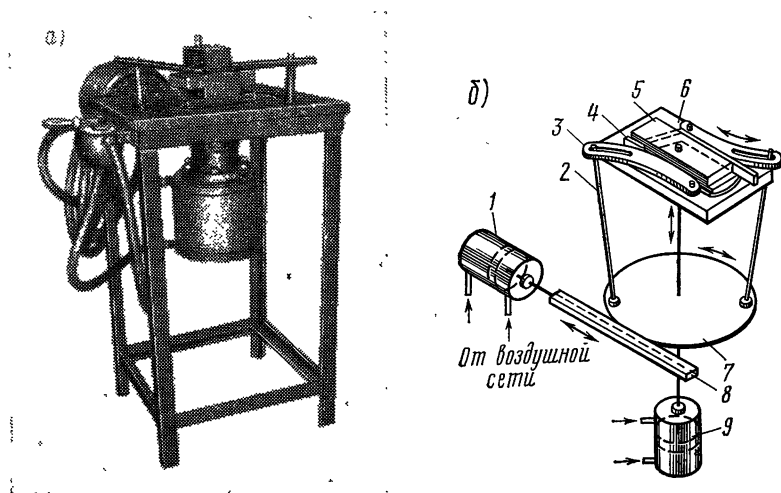


Рис. 8-13. Станок для гибки стержней:
а — общий вид; б — кинематическая схема

гибочные станки (рис. 8-13). На столе такого станка установлен сменный штамп, состоящий из неподвижной части 6 и подвижной 5, перемещающейся вверх и вниз под действием пневмоцилиндра 9. Неподвижная часть имеет вогнутую, а подвижная — выпуклую форму с кривизной, соответствующей кривизне лобовой части стержня.

Заготовку, подлежащую формовке, укладывают в паз нижней части штампа, включают пневмокран и под действием пневмоцилиндра 9 верхняя половина штампа изгибает лобовую часть стержня 4 по радиусу, а гибочные рычаги 3 загибают выводной конец и пазовую часть заготовки. Рычаги 3 приводятся в движение поводками 2, закрепленными на зубчатом колесе 7, поворачивающимся от рейки 8, связанной со штоком пневмоцилиндра 1. После гибки стержни изолируют. Лобовая часть стержня изолируется ленточной изоляцией, а пазовая — ленточной изоляцией или простынкой с последующей укаткой простынки в специальные приспособления и опрессовкой пазовой части на пневматических прессах.

Целью опрессовки является получение монолитного стержня, представляющего собой единое целое из меди и изоляции и имеющего точные размеры. Такие стержни плотно укладываются в пазы сердечника ротора и хорошо отдают тепло.

На рис. 8-14 показан пневматический пресс для одновременной опрессовки пазовой части семи стержней. Пресс установлен на столе верстака. Он состоит из сварной рамы 1, на которой закреплены пневматический цилиндр 8 с рычажной системой 7 и 9, верхней 2 и нижней 6 плит, боковых планок 5.

а)

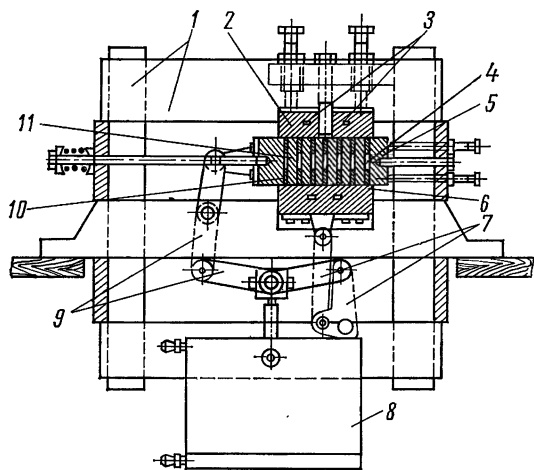
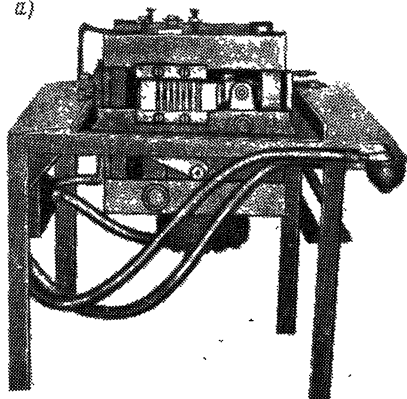


Рис. 8-14. Пневматический пресс для опрессовки пазовой части стержня:

а — общий вид; б — кинематическая схема

Верхняя плита и правая планка укреплены неподвижно. Стержни 4, пазовые части которых подлежат опрессовке, закладывают между плитами, боковыми планками и дистанционными прокладками 10 и 11. Дистанционные прокладки 10 выполнены по толщине пазовой части стержня, а высота прокладки 11 равна высоте двух прокладок 10 плюс высота пазовой части стержня. При включении пневмоцилиндра его шток, поднимаясь вверх через рычажные системы, перемещает нижнюю плиту 6 и левую боковую планку 5, в результате чего производится опрессовка лобовой части стержней. Для охлаждения в обеих плитах имеются каналы 3, соединенные с трубопроводами, через которые подается вода.

§ 8-5. Намотка вспных катушек

Вспынные катушки электродвигателей переменного тока и якорей машин постоянного тока наматываются на станках на специальные шаблоны катушечными группами. На рис. 8-15 показан намоточный станок с автоматическим остановом и пневматическим шаблоном.

На полом шпинделе станка с одного конца закреплен намоточный

шаблон 4, а на другом — пневмоцилиндр 14, связанный с шарнирным механизмом 5 шаблона тягой, проходящей в отверстие шпинделя.

От электродвигателя 9 при включении ножной педали 7 через плоскоременную передачу 1 вращение передается шпинделю, а от него через систему сменных шестерен 6 — механизму автоматического останова 3 станка. Механизм срабатывает после намотки на шаблон определенного числа витков. По достижении заданного количества витков кулачок 8, сидящий на валу 1, нажимает на зуб 13 механизма зацепления 12, при этом освобождающаяся тяга 11 увлекает за собой рычаг 10.

Связанный с рычагом тормоз 2 срабатывает, лента его плотно охватывает тормозной диск, останавливая шпиндель станка. Наматывая катушку, ее витки перевязывают лентой. Переведя провод рукой через прорезь в соседний ручей, педалью включают станок и приступают к намотке сле-

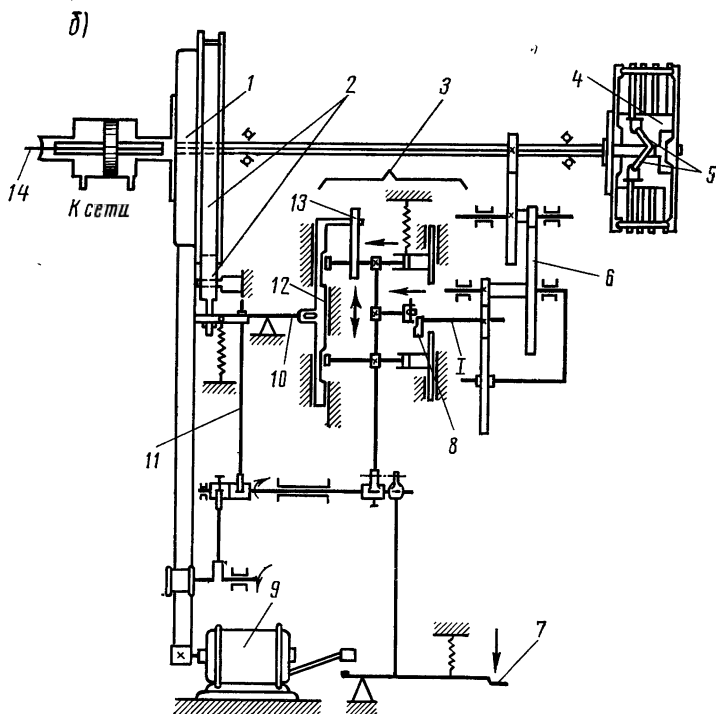
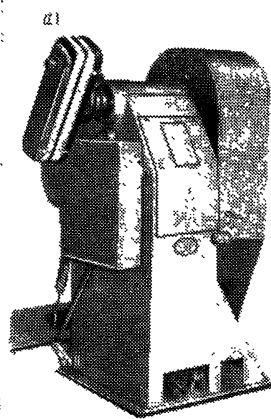


Рис. 8-15. Станок для намотки всыпных катушек

дующей катушки. По окончании намотки при включении пневмоцилиндра 14 шарнирный механизм 5 шаблона 4 посредством тяги сдвигает к центру головки шаблона и намотанная катушка легко снимается.

Намотанные на станке катушечные группы после укладки в статор соединяются в фазы: конец одной напайвается на начало другой. Таких соединений будет тем больше, чем больше катушечных групп в фазе.

Известно, что каждое лишнее соединение понижает надежность схемы и служит дополнительным источником ошибок (перепутывание концов) при ее монтаже. Поэтому в машинах небольшой мощности во избежание указанных недостатков часто каждую фазу наматывают одним непрерывным проводом.

Для намотки катушек фаз применяют многоручьевые шаблоны с числом ручьев, равным количеству катушек в фазе.

После укладки таких катушек в пазы статора отпадает необходимость в сборке схемы, так как остается только соединить выводные концы с началами и концами фаз.

ГЛАВА IX

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАТУШЕК ПОЛЮСОВ

§ 9-1. Типы катушек полюсов

Катушки полюсов, являющиеся в электрической машине обмотками возбуждения, разделяют на катушки главных и дополнительных полюсов машин постоянного тока и катушки полюсов синхронных машин.

В зависимости от схемы включения катушки главных полюсов бывают с обмоткой: параллельной — шунтовые (рис. 9-1, а), последовательной — серийные (рис. 9-1, б) и смешанной — компаундные (рис. 9-1, в).

Катушки с параллельной обмоткой изготавливаются из круглого или прямоугольного изолированного провода, а с последовательной — из прямоугольного неизолированного. Катушки со смешанной обмоткой состоят из двух катушек: одной с параллельной, другой с последовательной обмотками. Наматываются эти катушки отдельно, затем собираются вместе, после чего производится изолировка, пропитка и другие операции по изготовлению катушки.

Катушки дополнительных полюсов наматываются из изолированных круглых и прямоугольных проводов (при небольшом сечении обмоточного провода, рис. 9-2, а) и из голого прямоугольного провода, наматываемого на ребро (рис. 9-2, б).

Катушки главных полюсов с параллельной и последовательной обмотками могут быть каркасными и бескаркасными. Катушки дополнительных полюсов бывают только бескаркасными.

Каркасные катушки наматываются на стальной каркас, вместе с которым проходят все дальнейшие операции изготовления и насаживаются на сердечник полюса.

Намотка бескаркасных катушек производится на специальные шаблоны, которые служат только для этой операции.

При сборке бескаркасных катушек с сердечником полюса для предохранения корпусной изоляции катушки от повреждения и истирания между сердечником полюса и катушкой вставляют металлический или картонный фланец. В электрических машинах в основном применяют бескаркасные катушки.

Технологический процесс изготовления катушек полюсов определяется назначением электрической машины (средой и условиями

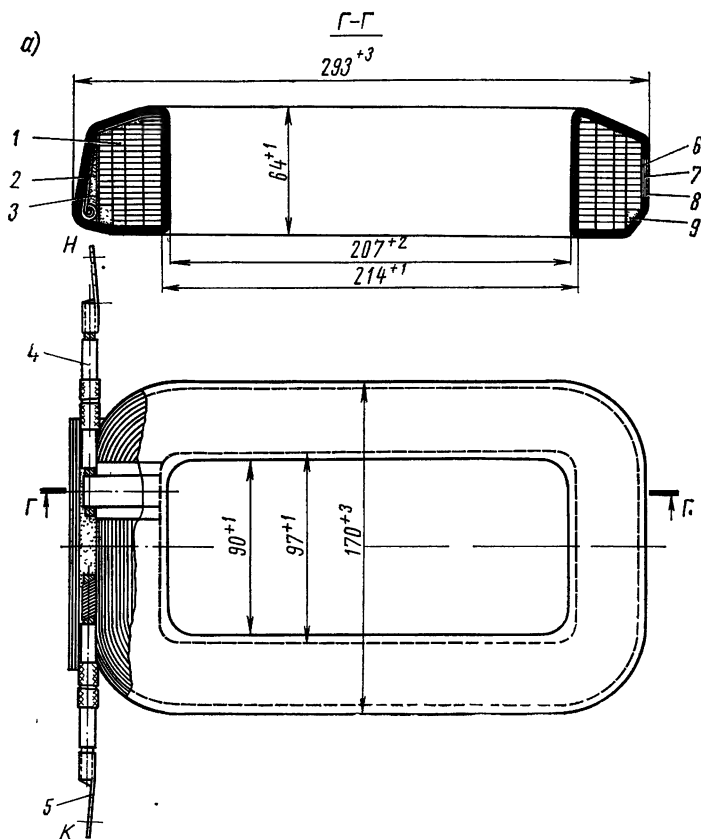


Рис. 9-1. Катушки главных полюсов:

а — с параллельной обмоткой: 1 — провод медный марки ПСД; 2 — вывод; 3 — прокладка миканитовая; 4 и 5 — выводные концы; 6 — лента стеклянная толщиной 0,25 мм; 7 — микалента; 8 — лента киперная; 9 — замазка;

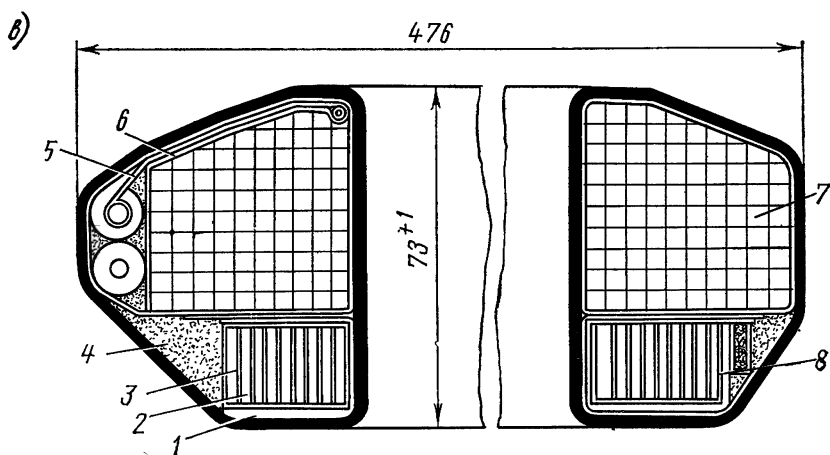
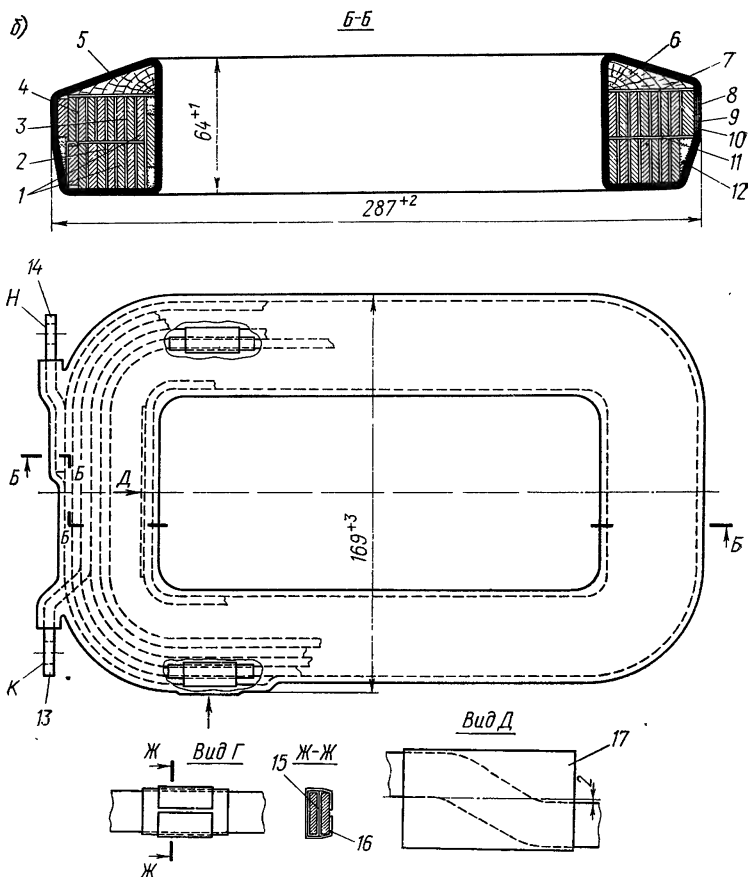


Рис. 9.1. (продолжение)

б — с последовательной обмоткой: 1 — проволока медная марки МГМ $3,28 \times 22$; 2 и 4 — прокладки миканитовые толщиной 0,5 мм; 3 — бумага асбестовая толщиной 0,3 мм; 5 и 6 — клин; 7 — прокладка асбестовая; 8 — лента киперная; 9 — микалента; 10 — лента стеклнная; 11 — рамка изолирующая; 12 — замазка; 13 и 14 — выводные концы; 15 — прокладка миканитовая; 16 — пластина из жести; 17 — прокладка миканитовая; вид D — переход из слоя в слой; H — начало намотки; K — конец намотки;
в — со смешанной обмоткой: 1 — рамка изолирующая; 2 — проволока медная марки МГМ; 3 — бумага асбестовая; 4 — замазка; 5 — вывод; 6 — прокладка миканитовая; 7 — параллельная обмотка; 8 — последовательная обмотка

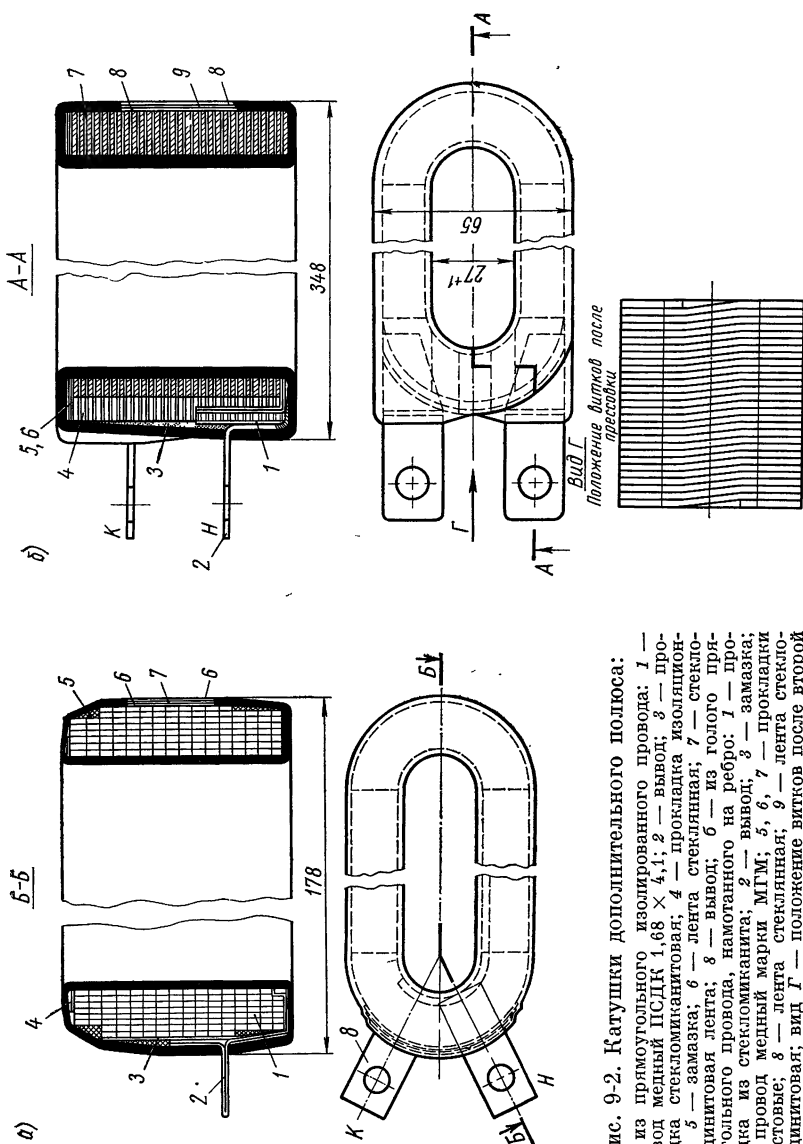


Рис. 9-2. Катушки дополнительного полюса:
 а — из прямоугольного изолированного провода: 1 — провод медный ПСДК 1,68 × 4,1; 2 — вывод; 3 — прокладка стекломиканитовая; 4 — прокладка изоляционная; 5 — замазка; 6 — лента стекляная; 7 — стеклотканевая лента; 8 — вывод; 6 — из голого прямоугольного провода, намотанного на ребро: 1 — прокладка из стекломиканита; 2 — вывод; 3 — замазка; 4 — провод медный марки МГМ; 5, 6, 7 — прокладки асбестовые; 8 — лента стекляная; 9 — лента стеклотканевая; вид Г — положение витков после прессовки катушки

работы), конструкцией катушки и классом изоляции, однако многие из них имеют общие операции изготовления.

С технологической точки зрения по общности приемов основных операций изготовления катушки полюсов можно разделить на:

1) катушки полюсов, изготавливаемые из круглого и прямоугольного изолированного провода;

2) катушки главных полюсов, изготавливаемые из прямоугольного голого провода, намотанного плашмя;

3) катушки дополнительных полюсов, изготавливаемые из прямоугольного голого провода, намотанного на ребро.

Технологический процесс изготовления катушек состоит из операций намотки, припайки выводов, изолировки, пропитки и сушки, контроля, окраски и упаковки.

§ 9-2. Изготовление катушек полюсов из круглого и прямоугольного изолированных проводов

Намотка полюсных катушек. Полюсные катушки (см. рис. 9-1, а), изготавливаемые из круглых или прямоугольных изолированных проводов, разнообразны по конструкции и отличаются друг от друга размерами и весом, числом витков и диаметром наматываемого провода.

На заводе «Динамо» им. Кирова, например для тяговых и крановых электродвигателей постоянного тока, катушки главных полюсов с параллельной обмоткой изготавливают весом от 1 до 100 кг и наматывают их круглыми изолированными проводами диаметром от 0,3 до 1,5 мм, число их витков колеблется от 700 до 5000.

В зависимости от размеров поперечного сечения провода, определяющих его жесткость, для намотки катушек применяют станки различной мощности и габаритов.

На рис. 9-3 показан намоточный станок модели ТТ-20 для намотки на шаблоны полюсных катушек из провода диаметром от 0,5 до 6 мм [1]. Станок имеет механизм раскладки. Кинематическая цепь станка состоит из цепи вращения шпинделя с шаблоном и цепи механизма раскладки.

Цепь шпинделя: от электродвигателя 2 вращение через клиноременную передачу и коробку скоростей передается шпинделю. Для изменения скорости вращения шпинделя служат зубчатые блоки z_3 и z_4 , сидящие на валу на скользящей шпонке. Блоки включают поворотом рукояток *Б* и *В*.

На валу *IV*, являющимся шпинделем станка, установлена муфта сцепления 4, включаемая рукояткой *А*. При ее отключении шпиндель может проворачиваться вручную. Необходимое количество оборотов шпинделя при намотке катушек определяют по счетчику 9.

Привод цепей станка осуществляется через пластинчатую муфту 10, состоящую из двух половин. Одна из них при нажатии педали *Д* пуска двигателя передает вращение от него коробке скоростей, а вторая обеспечивает торможение при возвращении педали в исходное положение.

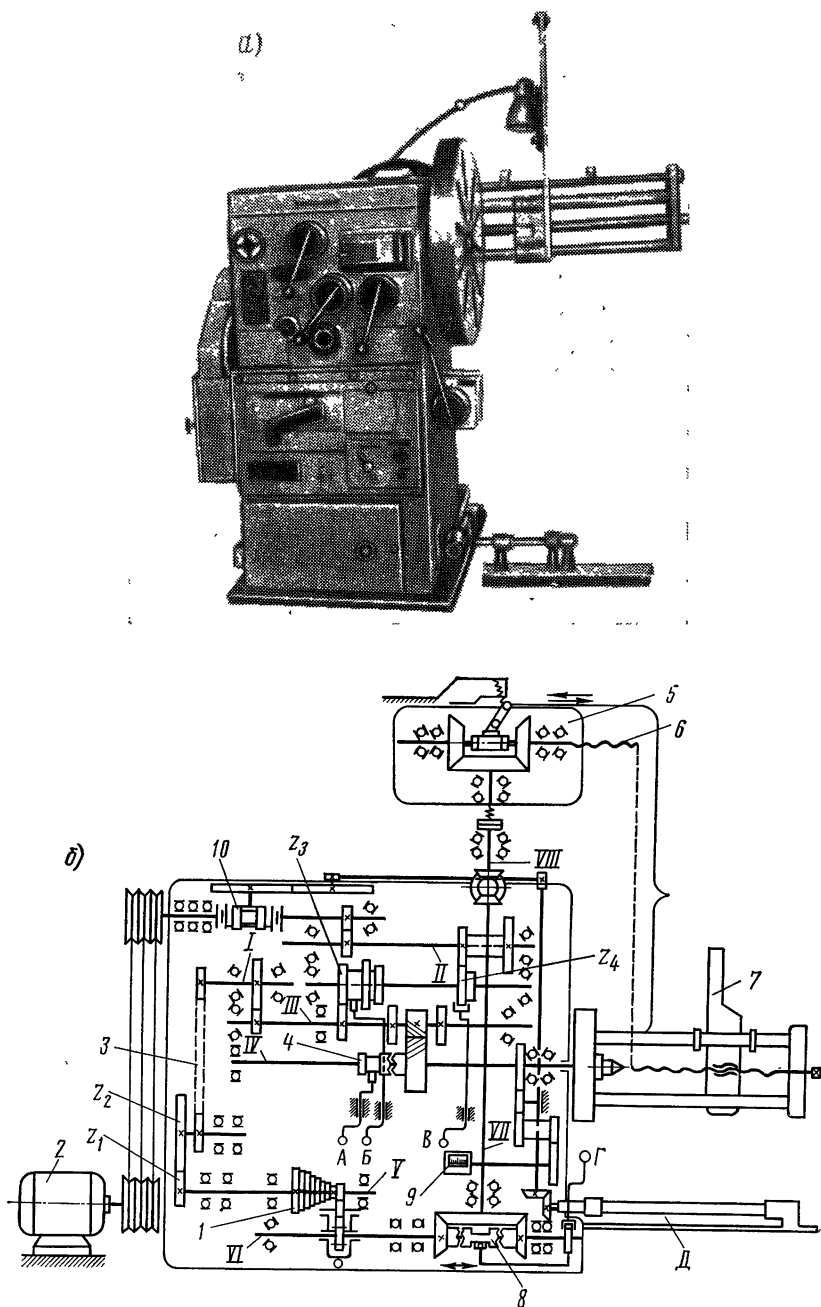


Рис. 9-3. Намоточный станок модели ТТ-20:
а — общий вид; б — кинематическая схема

Цепь механизма раскладки: каретка раскладчика получает продольное перемещение от ходового винта 6, к которому вращение от электродвигателя 2 передается до распределительного вала *III* по той же цепи, что и для шпинделя. От вала *III* движение передается через цилиндрическую пару колес на вал *I*, затем посредством ременной передачи 3 и сменных колес z_2 и z_1 на вал *V* и далее

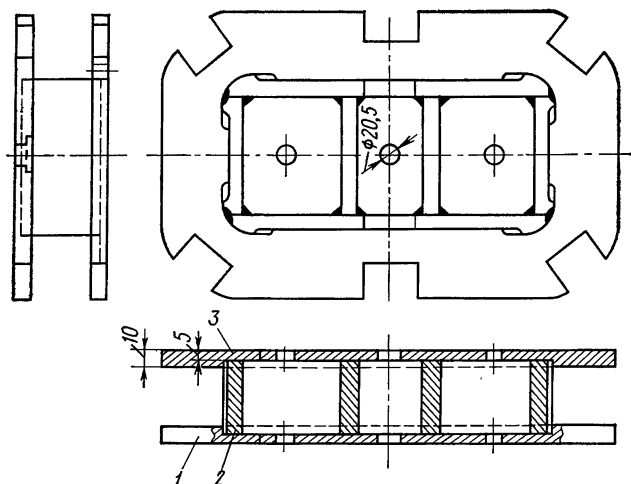


Рис. 9-4. Шаблон для намотки катушек с параллельной обмоткой

через коробку передач 1 и зубчатые передачи на валы *VI*, *VII*, *VIII* и, наконец, ходовому винту 6, с которым находится в зацеплении гайка каретки 7.

Движение каретки должно быть согласовано с вращением шпинделя. За его один оборот раскладчик должен переместиться на величину, равную диаметру наматываемого провода.

Подача раскладчика настраивается переключением коробки подач и подбором сменных шестерен. Реверсирование его происходит в конце хода каретки автоматически с помощью механизма переключения 5 или вручную поворотом рукоятки Г, переключающей муфту 8.

На рис. 9-4 показана конструкция шаблона для намотки катушки полюса с кремнийорганической изоляцией. Состоит он из сердечника 2 и двух щек 1 и 3, за одну из которых он закрепляется на планшайбе шпинделя станка. Через центральное отверстие детали шаблона скрепляются болтом между собой при намотке катушек на станке.

В щеках шаблона имеется шесть прямоугольных пазов для лучшего проникновения лака при пропитке, так как шунтовые катушки пропитываются вместе с шаблоном.

При намотке ступенчатых катушек для образования ступеней между щекой шаблона и рядами витков ставятся закладные кольца.

Толщина их равна разности между высотой катушки (без учета изоляции) и высотой ступени.

Выгибка катушек. Для лучшего прилегания к круглому остову электрических машин постоянного тока небольших габаритов катушек главных полюсов часто придают радиусную форму, соответствующую радиусу станины двигателя. Для этого их подвергают гибке в специальном приспособлении на пневматическом прессе.

Изолировка и пропитка катушек *. После намотки катушка имеет ступенчатую форму. Для придания ей формы, предусмотренной чертежом, с помощью прокладок из асбеста или миканита и изоляционной замазки формируется радиус со стороны, которой катушка будет прилегать к станине. Под выводы прокладывают изоляционные прокладки, а неровности вокруг выводов заполняют замазкой. Так катушку готовят к изолировке (наложению наружной изоляции), однако прежде следует ее пропитать, т. е. заполнить лаком или компаундом поры изоляции проводов и промежутки между ними.

Если катушки пропитывают, сняв с шаблона, то на них перед пропиткой накладывают часть наружной изоляции, называемой *стягивающим слоем*, который служит для предохранения витков рядовой намотки катушки от сдвига. Все слои наружной изоляции накладывать не следует, так как они будут препятствовать проникновению пропиточной массы в катушку.

На пропитанные катушки накладывают остальные слои наружной изоляции и катушки снова пропитывают. Повторная пропитка предназначена для заполнения пор наружной изоляции и воздушных прослоек между ее слоями.

Если у катушки наружная изоляция состоит из большого количества слоев, то накладывают ее за несколько операций и после каждой из них катушки пропитывают. Делают это для лучшего проникновения пропиточного состава в слои изоляции.

Так, катушки класса А с наружной изоляцией из шести слоев микаленты изолируют за три операции. Перед пропиткой в битуме после каждой изолировки на изоляцию катушки накладывают слой временной изоляции из хлопчатобумажной ленты, который после пропитки и сушки с неостывших катушек снимают вместе с налипшей битумной массой, в результате этого поверхность изоляции катушки получается ровной.

В процессе пропитки катушек, снятых с шаблона, часто не удается сохранить рядовую намотку, так как витки катушки сдвигаются относительно друг друга.

Для сохранения рядовой намотки, особенно у катушек с большим числом витков из проводов небольшого диаметра, пропитывают катушки непосредственно на шаблоне (например, катушки тяговых двигателей с кремнийорганической изоляцией).

* Процесс пропитки, состоящий из сушки — пропитки — сушки, кратко называют *пропиткой*.

В этом случае стягивающий слой на катушку не накладывают, так как щеки шаблона предохраняют витки катушки от сдвига. Однако шаблон служит препятствием для проникновения лака в катушку, поэтому катушки на шаблоне пропитывают вакуум-нагнетательным способом.

После пропитки катушки с шаблона снимают. Последующие операции изготовления таких катушек те же, что и катушек, пропитываемых без шаблона.

После пропитки верхнего слоя наружной изоляции поверхность катушек окрашивают покровной эмалью.

Последующие операции. Заключительными операциями изготовления катушек являются: опрессовка отверстия, зачистка выводных концов, маркировка и контроль.

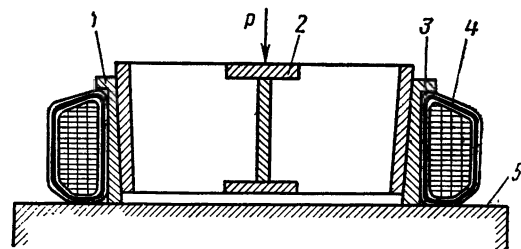


Рис. 9-5. Оправка для правки окна катушки: 1 и 3 — вкладыш; 2 — клиновидная оправка; 4 — катушка полюса; 5 — стол пресса

В процессе нагревов, связанных с операциями сушки после пропитки, катушка может несколько деформироваться и ее отверстие потеряет размеры. При посадке таких катушек на сердечник полюса можно повредить изоляцию.

Для восстановления правильной формы окна катушки, пока еще не произошла полимеризация пропиточного лака, катушку в горячем состоянии правят на пневматическом прессе (рис. 9-5) оправкой.

Зачищают наконечники выводных концов от пленки лака, образовавшейся при пропитке, вручную металлической щеткой.

Маркируют катушки белой эмалью НЦ-25. Кисточкой около каждого вывода проставляют буквы Н и К, означающие начало и конец намотки, а на боковой поверхности — номер чертежа катушки.

Контроль катушек заключается в проверке габаритных размеров, активного сопротивления, количества витков, отсутствия междувитковых замыканий.

§ 9-3. Изготовление катушек из голого медного провода, наматываемого плашмя

Катушки из голого медного провода, наматываемого плашмя, бывают однослойными (позиция 8 на рис. 9-1, в) и двухслойными (см. рис. 9-1, б).

Однослойные катушки являются составной частью катушек со смешанным возбуждением.

Однослойные и двухслойные катушки наматывают на намоточных станках (рис. 9-6) на шаблоны виток на виток. Шаблоны для намотки однослойных катушек имеют одну ячейку, а для двухслойных — две ячейки, разделенные между собой перегородкой.

Одновременно с намоткой медных шин наматывается асбестовая лента, служащая межвитковой изоляцией.

Рассмотрим процесс изготовления двухслойных катушек, как более сложный.

Перед намоткой катушки на расстоянии 400—500 мм от конца медной шины бухты, надетой на барабан-вертушку, шину гнут на ребро (см. рис. 9-1, б, вид D) штампом на специальном пневмо-прессе, установленном около намоточного станка.

Место перегиба шины на ребро служит переходом из слоя в слой, который у двухслойных катушек предусмотрен у нижних витков, что позволяет обойтись без сложной конфигурации выводов, так как выводные концы припаивают к наружным виткам обоих слоев катушки.

Подготовив таким образом шину, можно приступить к намотке катушки.

Заправив отогнутый конец шины в соседний ручей шаблона и проложив в месте перехода изоляционную прокладку 17, наматывают первый слой катушки.

Количество витков катушки определяют при намотке по счетчику, установленному на станке. Под предпоследний виток закладывают скобочку из жести 16 и изоляционную прокладку 15, предохраняющую витки катушки от закорачивания.

Недомотав примерно пол-оборота последнего витка, оператор останавливает станок, намечает место и производит припайку выводного конца из кабеля. Паяют обычно меднофосфористым припоем на сварочной установке, находящейся рядом со станком и расположенной таким образом, что медная шина с бухты при намотке катушки проходит между электродами установки.

После припайки станок включают и доматывают недостающие пол-оборота. После выключения вращения шпинделя загибают края скобочки, которыми она припаивается к концу последнего витка мягким припоем с помощью паяльника. Зубилом шина отрубается от бухты. Для намотки второго слоя катушки шаблон снимают со станка, переворачивают и устанавливают на шпиндель другой стороной.

К концу шины от первого слоя, выведенному во второй ручей за счет перегиба, припаивают на сварочной установке конец шины от бухты и производят намотку второго слоя.

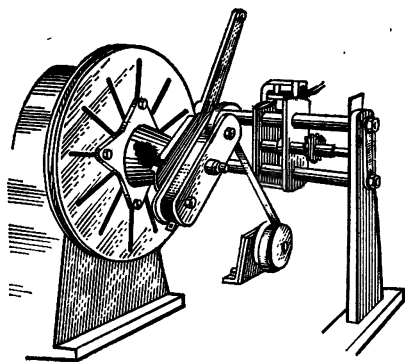


Рис. 9-6. Станок для намотки катушек из шинной меди плашмя

Наматывается второй слой так же, как и первый. Остальные операции изготовления катушек из голой шинной меди, наматываемой плашмя, выполняются аналогично операциям изготовления катушек из круглых и прямоугольных изолированных проводов со следующим небольшим различием.

Отверстие катушек из шинной меди правят не один, а два раза, так как первые витки катушек наматываются часто с меньшим натяжением, чем последующие. В процессе нагрева изделия при сушке происходит перераспределение напряжений, в результате чего первые витки деформируются и отверстие катушки уменьшается. Для восстановления первоначальных размеров отверстия сразу после сушки катушку правят первый раз. Второй раз окно катушки правят после второй пропитки так же, как и у катушки из круглого провода.

Следующее различие относится к пропитке кремнийорганических катушек. Катушки из шинной меди первый раз пропитываются методом окунания в лаке К-47к снятыми с шаблона.

Применять вакуумно-нагнетательный способ пропитки с более сложным оборудованием и длительным циклом в данном случае нет необходимости, так как пор и пустот у катушек из медных шин значительно меньше, чем у катушек из круглого провода.

§ 9-4. Изготовление катушек из голого медного провода, наматываемого на ребро

Конструкция катушек дополнительных полюсов. Технологический процесс изготовления катушек дополнительных полюсов во многом отличается от процесса изготовления катушек главного полюса.

Из числа полюсных катушек катушки дополнительных полюсов являются наиболее компактными, а так как в них нет пустот, заполняемых замазкой, то катушки дополнительных полюсов лучше отводят тепло от медных шин сердечнику полюса.

Изоляцией между витками этих катушек (см. рис. 9-2, б) являются асбестовые прокладки толщиной 0,3 мм. Наружная изоляция катушек класса А состоит из трех слоев хлопчатобумажной ленты. Для катушек с более высокими классами нагревостойкости в качестве изоляции применяют микаленты и стеклянные ленты, пропитанные лаками, соответствующими классу изоляции.

Так, катушки с изоляцией класса нагревостойкости Н наружную изоляцию имеют из стеклянной ленты толщиной 0,1 мм (позиции 1 и 3, рис. 9-2, б) и стекломикаленты ЛСГФК толщиной 0,17 мм (позиция 2).

Пропитываются катушки в кремнийорганическом лаке К-47к.

Намотка катушек. Катушки наматываются на специальных намоточных станках, оснащенных приспособлениями для предохранения от скручивания шины при гибке ее на ребро. При отношении толщины шины к ее ширине не более 1 : 8 намотку катушек можно производить на намоточных станках типа ТТ, имеющих только одно

движение шпинделя (вращение вокруг своей оси). Для прижима медной шины к шаблону при намотке катушки станок снабжен специальной штангой, шарнирно закрепленной на направляющих станка.

Однако более качественная намотка катушек, в том числе и с небольшим отношением толщины шины к ее ширине, получается на специальных станках со сложным движением намоточного шаблона. Нашей промышленностью для намотки полюсных катушек (из меди на ребро) выпускается полуавтомат модели ПНК-2 (рис. 9-7, а). На станке можно наматывать катушки с наибольшей шириной и длиной соответственно 500 и 1500 мм и наибольшим сечением меди 720 мм².

В массивной станине станка расположен весь приводной механизм; сверху ее укреплена планшайба 6 со столом 8 и прижимным механизмом 12.

На станке наматывается на шаблон непрерывная спираль, которая затем разрезается на отдельные катушки пневматическими ножницами. Удлиненная форма катушки дополнительного полюса получается в результате следующих четырех движений стола и планшайбы (рис. 9-7, б), показанных при образовании одного витка катушки:

1) для образования одной удлиненной стороны катушки (положение I) стол 8 перемещается прямолинейно. Движение стол получает от рейки 7 (см. рис. 9-7, а), сцепленной с зубчатым колесом z_4 , сидящим на валу I. Вращение вала передается от двигателя через клиноременную передачу, систему шестерен и электромагнитную муфту 1.

В крайнем положении стол фиксируется конечным выключателем 4. Магнитный тормоз 10 в это время находится в рабочем состоянии, удерживая планшайбу 6 в неподвижном состоянии;

2) для образования одной закругленной части катушки (положение II) планшайба 6 должна повернуться на угол 180°. Вращение планшайбы получает через червячную пару z_3 от включенной электромагнитной муфты 11. Стол 8 в момент вращения планшайбы заклинивается фиксирующим клином 5;

3) образование другой удлиненной стороны катушки 9 (положение III) происходит при прямолинейном перемещении стола, который получает движение от тех же механизмов, что и в первом переходе. Однако движется он в направлении, обратном первому. Перемена направления движения осуществляется за счет переключения муфты 3 реверсивного механизма, включающего в зацепление с коническим зубчатым колесом z_2 коническое колесо z_1 , противоположное колесу z'_1 , включенному при первом переходе.

В момент образования радиусной части катушки кулачковая муфта находится в нейтральном положении, а тормозной клин 2 отключен;

4) другая закругленная сторона катушки 9 образуется при повороте планшайбы 6 на угол 180° (положение IV).

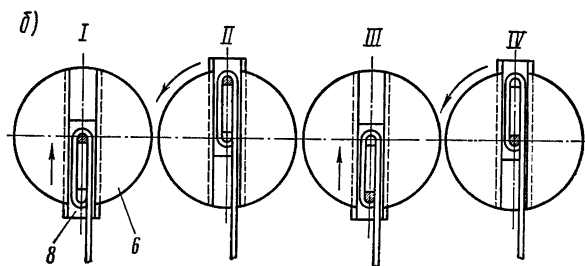
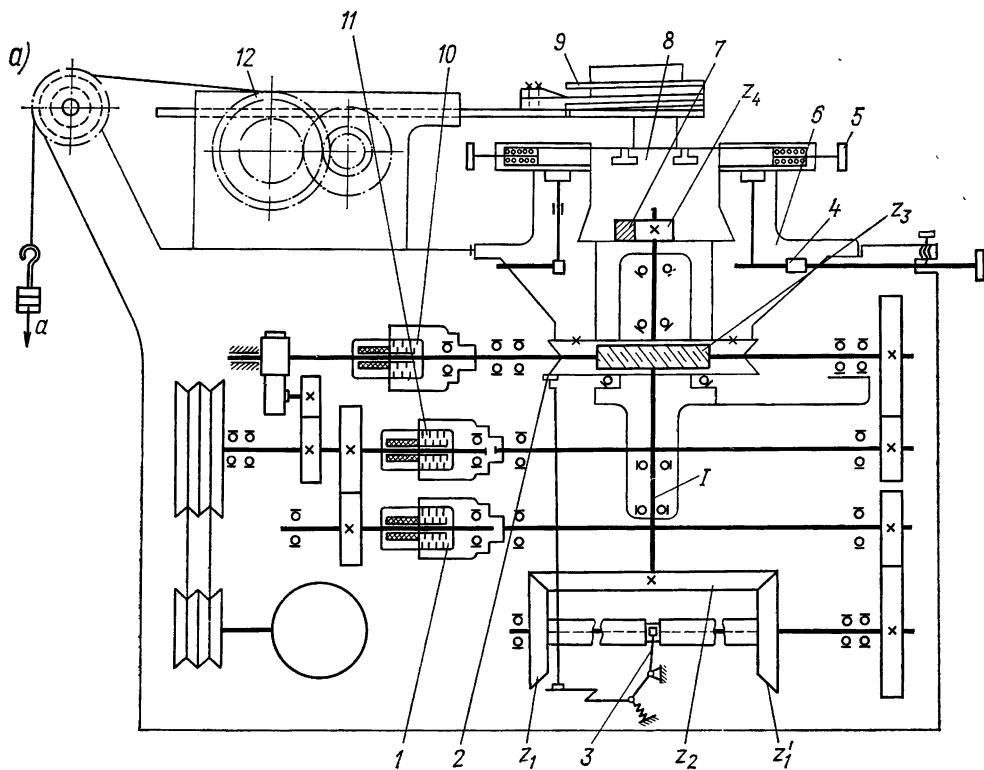


Рис. 9-7. Полуавтомат модели ПНК-2:

a — кинематическая схема; *б* — схема движения стола и планшайбы станка

Для намотки катушек дополнительных полюсов из голой шинной меди на ребро применяются станки и других конструкций [2]. Общим для всех намоточных станков катушек дополнительных полюсов является сложное движение шаблона.

Отжиг катушек. В местах закругления поперечное сечение медной шины катушки при намотке из прямоугольного получается трапециевидным с большим основанием на внутреннем радиусе катушки.

Для устранения утолщения катушки подвергают прессовке. Прежде чем выполнить эту операцию, катушки необходимо отжечь, так как в деформированном сечении медь становится твердой в результате нагартовки (изменения строения кристаллической решетки). Отжигают катушки в электрических шахтных печах с автоматической регулировкой температуры в пределах 600—620° С. Катушки, подлежащие отжигу, укладывают в корзину с некоторым зазором между витками и вместе с ней помещают в печь, которая закрывается крышкой для уменьшения доступа воздуха. Выдержав в печи катушки в течение 30—40 мин, корзину с катушками замачивают в ванне с водой, а затем на 3—5 мин помещают в раствор 5-процентной серной кислоты для удаления с поверхности меди окисной пленки.

Завершающей операцией является промывка катушек в течение 3—5 мин в подогретой до температуры 40—60° воде и сушка в печи. У отожженных катушек поверхность должна быть чистой без окалины.

Прессовка катушек. Катушки прессуются на гидравлическом прессе дважды. Первый раз для устранения утолщений в местах изгиба шины, второй раз — для получения размеров, заданных чертежом.

При первой прессовке между витками в местах закруглений прокладывают стальные закаленные пластины.

Вторая опрессовка катушек производится на шаблоне (рис. 9-8), состоящем из двух щек 1, трехклинного сердечника 4, шайб 5 с болтами 2 и гайками 3.

Для удобства надевания катушки на шаблон и снятия ее после прессовки шаблон разбирается на составные части. Последовательность сборки шаблона и прессовки катушки следующая. На одну из щек помещают катушку, в отверстие ее вставляют крайние части сердечника, надевают вторую щеку и вставляют среднюю часть сердечника, имеющую форму клина. Давлением пресса клин осаживается заподлицо со щекой. Таким образом, производится правка сторон катушки.

Затем давлением пресса через щеку катушка правится по высоте. О моменте окончания правки судят по возрастанию показаний манометра, свидетельствующих о том, что подвижная траверса пресса коснулась торца сердечника шаблона, служащего упором.

Для прессовки боковых сторон катушки шаблон поворачивают на 90°, вставляют в отверстие сердечника оба болта с шайбами и все

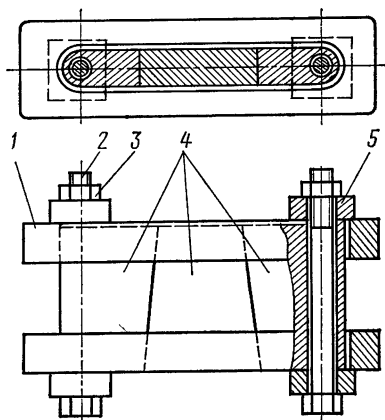


Рис. 9-8. Шаблон для опрессовки катушек

это стягивают гайками. Боковые стороны прессуются до упора в щеки шаблона.

Изолировка катушек. В качестве изоляции между витками катушки применяется листовой асбест. Для изолировки катушку на верстаке растягивают гармошкой и между витками вставляют асбестовую изоляцию, предварительно нарезанную в форме прямоугольника длиной и шириной, несколько большей длины и ширины катушки. Излишки изоляции по внутреннему и наружному контурам катушки обрезают специальным ножом.

Для предохранения от сдвига изоляции катушку в местах закруглений связывают киперной или стеклянной лентой.

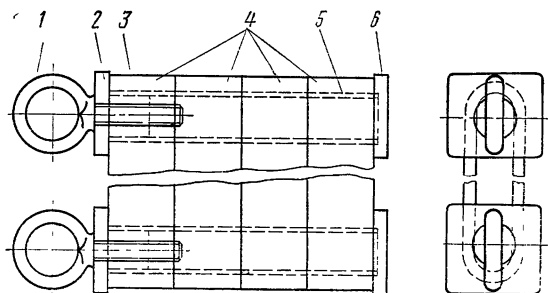


Рис. 9-9. Стянутые струбцинами катушки

После межвитковой изолировки катушки подвергают пропитке. Наружная изоляция накладывается на катушки после первой пропитки и сушки.

Перед изолировкой под выводы подкладывают изоляционные прокладки, неровности у выводов и по всей поверхности заполняют специальной замазкой.

Для затвердевания замазки изделия сушат в печи при температуре $110-130^{\circ}$ в течение $4 \div 6$ ч.

Наружную изоляцию накладывают вручную, на внутренних углах ленту подрезают до половины ширины.

Пропитка катушек. Катушки с изоляцией классов А и В пропитываются в лаке 447, классов Е и В — в лаке МЛ-92, класса F — в лаках ПЭ-933 и К-47к, класса Н — в лаке К-47к. Перед пропиткой катушки, изолированные между витками, стягивают струбцинами (рис. 9-9) и сушат в печи при температуре $110-130^{\circ}$ в течение $4-6$ ч.

Струбцина состоит из овальной трубы 5, к одному из торцов ее приварен диск 6, а с другого торца в отверстие трубы вварена втулка с резьбой 3, в которую ввертывается болт 1. Между катушками 4, набранными на струбцину, прокладывают сменную шайбу 2.

После сушки охлажденные до температуры $60-70^{\circ}$ с расслабленными струбцинами (для лучшего прохода лака) катушки погружают в бак с лаком и выдерживают там до прекращения выделения пузырьков, но не менее 30 мин.

После стекания лака катушки стягивают струбцинами до отказа и помещают в печь для сушки.

В процессе сушки из пропиточного лака удаляются летучие вещества и давление между витками катушки ослабевает. Если своевременно не подтянуть винт струбцины, то между витками может появиться воздушная прослойка и катушка потеряет монолитность.

По истечении половины времени сушки тележка с катушками выкатывается из печи и производится подтяжка струбцин до отказа.

По окончании выпечки струбцины снова подтягивают до отказа и в таком положении катушки охлаждаются до температуры цеха, после чего их освобождают от стягивающих струбцин и передают на изолировку.

После наложения наружной изоляции катушки снова пропитывают. Режимы пропитки и сушки и применяемые для пропитки лаки определяются в зависимости от класса нагревостойкости изоляции катушек.

После пропитки катушки окрашивают покровной эмалью. Прочие операции изготовления катушек выполняются аналогично операциям изготовления катушек главных полюсов.

§ 9-5. Изготовление полюсных катушек и катушек якоря с изоляцией типа «монолит»

Катушки главных и дополнительных полюсов, пропитываемые битумным компаундом и лаками, включая кремнийорганические, имеют общий недостаток, определяемый их конструкцией крепления на сердечнике полюса: между крепительными прокладками и фланцами неизбежно остаются воздушные зазоры, в результате чего уменьшается теплоотдача, катушки перегреваются, надежность электрической машины снижается.

Для устранения этого недостатка за последние годы электромашиностроителями проведены изыскания по созданию более совершенных конструкций изоляции и современной технологии изготовления катушек полюсов. В частности, на заводе «Динамо» им. Кирова была разработана литая конструкция изоляции, получаемая заливкой эпоксидным компаундом специальной формы, в которую уложена катушка, надетая на сердечник.

Испытания показали более низкий нагрев таких катушек в сравнении с катушками, изолированными микалентой.

Однако полюсные моноблоки с литой эпоксидной изоляцией имели и существенный недостаток, не позволивший внедрить эти катушки в серийное производство. При температурных перегрузках и тепловых ударах часто образуются трещины в литой, неармированной части катушек.

Работа по совершенствованию изоляции на заводе «Динамо» была продолжена. В полюсных катушках, а также катушках якорей тяговых электродвигателей вместо кремнийорганической изоляции была применена изоляция типа «монолит» (рис. 9-10).

За последние годы за рубежом этот вид изоляции получил широкое распространение. В Советском Союзе она впервые была разработана ВЭИ им. Ленина и применена при изготовлении электробуров и элементов обмоток для высоковольтных генераторов.

Изоляция типа «монолит» представляет собой сочетание стеклоткани, усиленной слюдинитом, являющимся высокопрочной электрической прослойкой, с эпоксидным компаундом.

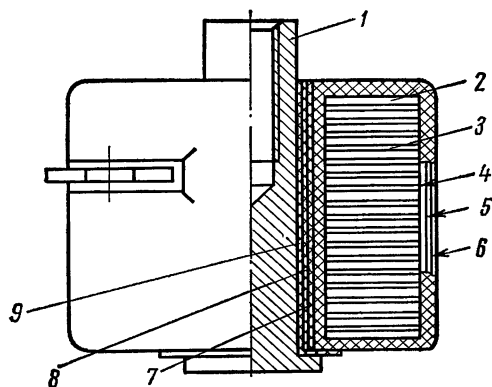


Рис. 9-10. Дополнительный полюс и катушка с изоляцией типа «монолит»:

1 — сердечник полюса; 2 — лента медная типа МГМ; 3 и 8 — прокладка асбестовая; 4, 6, 7 — лента стеклослюдинитовая; 5 — лента стеклослюдинитовая; 9 — прокладка из асбеста

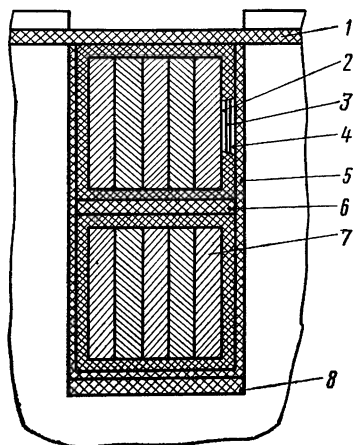


Рис. 9-11. Изоляция якоря типа «монолит»:

1 — лента стеклослюдинитовая (бандажная) ЛСБ-Б сечением $0,2 \text{ мм} \times 20 \text{ мм}$; 16 витков; 2 — лента стеклослюдинитовая сечением $0,1 \times 20 \text{ мм}$; 3 — лента стеклослюдинитовая марки ЛЗС40КС сечением $0,15 \text{ мм} \times 20 \text{ мм}$; 4 — лента стеклослюдинитовая сечением $0,1 \times 20 \text{ мм}$; 5 — пазовая изоляция из асбестовой бумаги толщиной $0,4 \text{ мм}$; 6, 8 — прокладки асбестовые толщиной 1 мм ; 7 — провод медный марки ПСДКТ

Катушки возбуждения пропитываются плотно надетыми на изолированные полюсные сердечники, а катушки якорей — уложенными в пазы сердечников. Пропитка обмоток компаундом происходит сначала в глубоком вакууме, затем под давлением, при котором пропитывающий состав и затвердевает.

Последующая запечка изоляции производится в электрических печах при нормальном давлении.

Технологический процесс получения изоляции типа «монолит» описан в гл. XV.

У катушек тягового двигателя (рис. 9-11) за счет уменьшения толщины наружной изоляции катушки без изменения ширины ее пазовой части применен провод с сечением $1,56 \text{ мм} \times 10 \text{ мм}$ марки ПСДКТ вместо провода $1,45 \text{ мм} \times 10 \text{ мм}$, применяемого в серийных двигателях. Это позволило несколько увеличить коэффициент заполнения паза.

Технологический процесс пропитки якорей с изоляцией типа «монолит» тот же, что и для пропитки полюсных катушек с этой изоляцией. Некоторое отличие заключается в том, что для предохранения от вытекания компаунда первые 6—8 ч во время сушки якоря вращаются со скоростью 16 оборотов в минуту. Концы вала якоря смазывают кремнийорганическим вазелином, с тем чтобы к ним не прилипал компаунд.

Экономическая эффективность замены кремнийорганических катушек якоря и полюсов изоляцией типа «монолит» составляет 52 руб. на один двигатель. Эта экономия обуславливается:

а) применением в полюсных катушках трех ленточных слоев вместо четырех;

б) отменой пружинных фланцев и полуфланцев для крепления катушек на полюсе, а в якорях — пазовых клиньев;

в) сокращением примерно в два раза расхода стеклослюдинитовой изоляции;

г) возможностью осуществить замену кремнийорганической изоляции без снижения мощности электродвигателя (что стало возможно из-за высокой эффективности теплоотдачи).

Катушки с изоляцией типа «монолит» (как показала разрезка) имеют сквозную пропитку. Нагрев катушек с этой изоляцией на $36 \div 42^\circ$ ниже, чем катушек с кремнийорганической изоляцией. Полюсные моноблоки имеют высокий запас электрической прочности по корпусной изоляции (20 кВ), высокую прочность сцепления катушек с сердечником полюса.

Благодаря вышеописанным преимуществам перед другими видами изоляции стеклослюдинитовая изоляция на терморезистивных связующих («монолит») признана основным видом изоляции в турбо- и гидрогенераторах, крупных и тяговых электрических машинах.

ГЛАВА X

ИЗОЛИРОВАНИЕ КАТУШЕК И ПАЗОВ СЕРДЕЧНИКОВ

§ 10-1. Изолирование катушек

Проводники всех катушек электрических машин изолируют друг от друга. Такая изоляция называется *внутренней*, или *витковой*.

Большинство катушек наматывают из изолированных проводов, уже имеющих витковую изоляцию. Некоторые типы катушек якорей, большинство катушек главных полюсов последовательного возбуждения и катушек дополнительных полюсов изготавливают из голых медных проводов прямоугольного сечения. В этом случае каждый проводник изолируется в процессе изготовления катушек.

Витковую изоляцию накладывают также на места повреждения собственной изоляции проводов шаблонных катушек в местах изгиба, особенно при гибке медных шин на ребро.

Кроме внутренней изоляции, каждая полюсная и шаблонная катушки якоря и статора должны иметь наружную изоляцию, которая с одной стороны защищает витковую изоляцию проводников катушки от механического повреждения и служит основной изоляцией между ее проводниками и железом сердечника, с другой — наружная изоляция позволяет катушке сохранить соответствующую форму при укладке катушки в пазы сердечника.

Наружную изоляцию катушек принято разделять по назначению на три вида: стягивающую, корпусную, покровную. Каждый из этих видов изоляции может состоять из нескольких слоев изоляционного материала. Такое деление до некоторой степени условно, так как все три вида изоляции катушек наносятся на проводники из изолирующего материала, однако основную электрическую нагрузку несет корпусная изоляция, имеющая более высокую электрическую прочность. Например (рис. 9-1, а), стягивающая изоляция наматывается стеклянной лентой 6, корпусная — микалентой 7, покровная — киперной лентой 8.

Изолирование катушек производится изоляционным материалом в виде ленты или простынки (широкой полосы). Простынкой изолируются только пазовые (прямолинейные) участки катушек якорей и роторов.

Ленточную изоляцию накладывают как на прямолинейные, так и на криволинейные участки катушек. В процессе наложения изоляции на криволинейные участки катушек, имеющие большую разницу между внутренним и наружным радиусами (например, в углах катушек возбуждения), необходимо уменьшить ширину ленты в местах, изолирующих внутренний радиус, вырезав у нее ножницами часть материала. Если этого не сделать, то слой изоляции на внутренних закруглениях будет более толстым, так как периметр изолирования внутренней части значительно меньше периметра наружных закруглений катушки. При наложении основного слоя, выполняющего роль электрической изоляции, каждый последующий виток ленты перекрывает предыдущий на половину или одну треть ширины ленты. Такой способ обматывания лентой называется *изолировкой с перекрытием*.

При наложении временной изоляции, например на полюсные катушки, подвергаемые компаундированию, один виток ленты может не перекрывать другой, а ложиться рядом с ним без зазора. Этот способ обматывания называется *изолировкой встык*.

Проводники катушки для предохранения их от рассыпания в процессе межоперационной транспортировки или пропитки в лаке стягивают лентой, при этом один виток от другого накладывается на расстоянии. Такой способ обматывания носит название *наложение ленты вразбежку*.

Способы изолировки. *Изолировка катушек лентой.* Изолировка лентой производится на специальных изолировочных станках с помощью изолировочных головок или вручную.

Изолировочные станки работают по полуавтоматическому циклу и налаживают их на изолировку катушки одного типоразмера. В связи с этим их применяют в крупном электромашиностроении при изготовлении катушек статоров для высоковольтных машин, когда даже при небольшом выпуске загрузка станков будет достаточной, так как для каждой машины требуется изолировать многими слоями большое число катушек при значительной длине изолирования.

Изолирование с помощью головок. При небольшой длине изолирования и значительной номенклатуре, что имеет место при производстве электрических машин постоянного тока средних величин, для наложения изоляции на катушки якорей и главных полюсов рациональнее пользоваться универсальными изолировочными головками. Такую головку (рис. 10-1) сварным основанием 2 укрепляют на столе изолировочного станка. К верхней части основания привернуты, скрепленные между собой, левая 5 и правая 6 боковины, внутри которых по направляющим выточкам свободно вращается шестерня-челнок 7. Шестерня-челнок представляет собой разрезное кольцо коробчатого сечения. Внутри желоба кольца для опоры, наматываемой на челнок ленты, размещены ролики 8, вращающиеся на осях 9. Спереди головки у челнока и боковины имеются прорезы для ввода изолируемой катушки внутрь головки.

Шестерня-челнок приводится во вращение от двигателя, установленного под столом станка, через цепную передачу (стол, двигатель и цепная передача на чертеже не показаны), звездочку 1, шестерню 3 и две паразитных шестерни 4.

Лента, намотанная на челнок, удерживается в натянутом состоянии пластинчатой пружиной 10, находящейся под давлением спиральной пружины 12.

Для прохода катушки прорезы челнока и боковин должны быть совмещены. Совмещают прорезы вручную, поворачивая челнок 7 маховичком 11. Шпульку с роликом изоляционной ленты надевают на ось кронштейна, закрепленного на столе рядом с изолировочной головкой таким образом, чтобы сматываемая со шпульки лента была в одной плоскости с вращающимся шестерней-челноком. Отрезается лента от ролика при нажмие рукой на верхний нож 13.

Работа на станке заключается в следующем. Пропустив конец ленты между ножами 13 и 14, обертывают ею вручную в 1,5—2 оборота катушку и вводят изолируемое изделие через прорезь внутрь шестерни-челнока.

При включении станка челнок, увлекая за собой ленту, обертывает изолируемое изделие, одновременно наматывая на челнок запас ленты. Как только челнок наполнится достаточным количеством ленты, нажимом на нож ее отрезают от ролика и изолировка катушки продолжается сматываемой с челнока лентой (рис. 10-1, б, в).

Изолировка вручную. Изолировка катушек лентой вручную — трудоемкий процесс, но он еще широко применяется при изготовлении электрических машин.

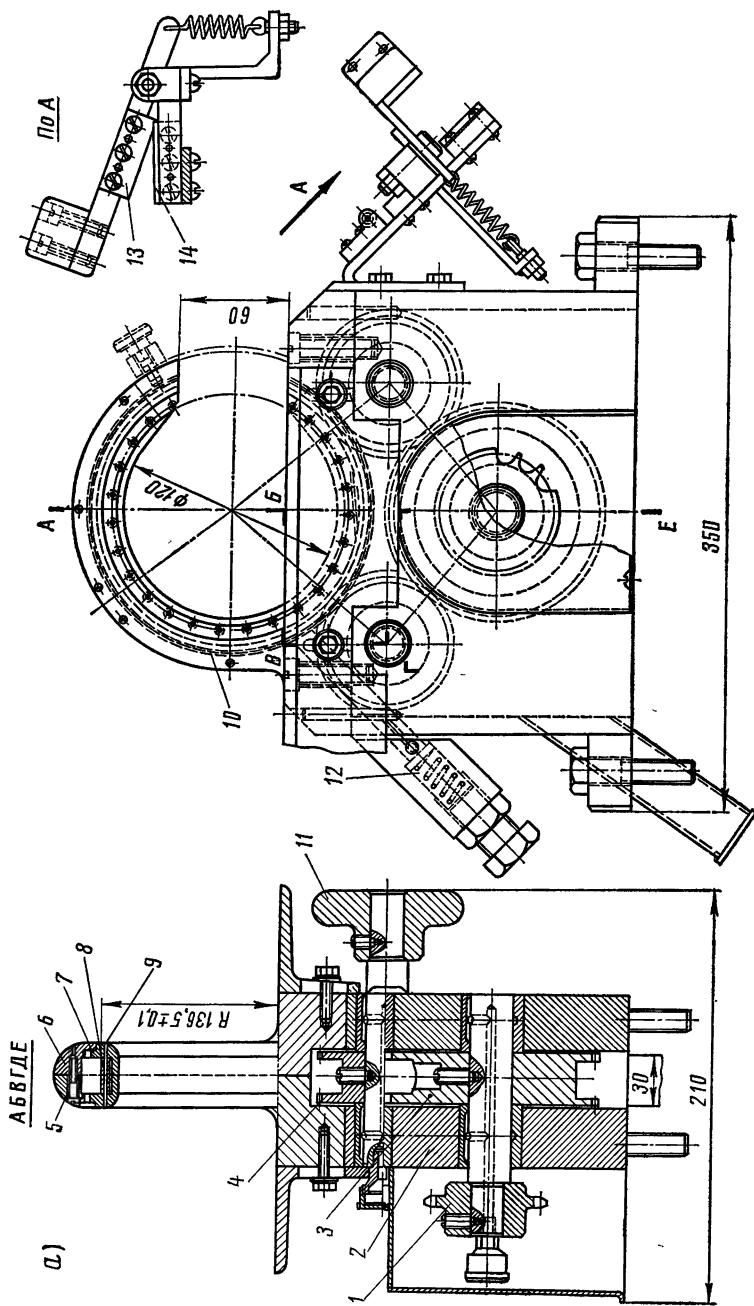


Рис. 10-1. Изолирующая головка;
а — общий вид

Вручную изолируют места катушек, где повреждена витковая изоляция, накладывают наружную изоляцию катушек дополнительных полюсов (так как расстояние между большими сторонами окна катушки мало для прохода механизма изолировочной головки), производят изолировку межкатушечных соединений.

Вручную часто накладывают наружную изоляцию на катушки якорей. При ручной изолировке катушки якорей закрепляют в специальных пневматических тисках, устанавливаемых на столах обмотчиц. Одна из губок тисков связана со штоком пневмоцилиндра и приводится им в движение. Включается пневмоцилиндр ножной педалью. В процессе изолирования работница перекрепляет и передвигает катушку.

Изолировка простынкой. Хорошее качество и высокая производительность получаются при наложении изоляции простынкой на прямолинейные участки катушки якоря. Ширина простынки берется равной длине пазовой части катушки.

В качестве изоляционного материала простынок применяют стекломиканит и стеклослюдаминт.

Стеклослюдаминитовой простынкой пазовые части катушек изолируются на специальных укаточных станках, а стекломиканитовой — вручную, так как из-за большой жесткости простынки укаткой на станке не удастся получить плотного прилегания слоев изоляции друг к другу и проводникам катушки. Для предохранения проводников катушки от сдвига при укатке на станке катушку предварительно пропитывают, а ее пазовые части опрессовывают.

§ 10-2. Изолирование пазов сердечников

Каждый паз сердечника независимо от того, какая в него будет уложена катушка, всыпная (не имеющая наружной изоляции) или шаблонная (с наружной изоляцией), должен быть изолирован.

Пазовая изоляция защищает изоляцию катушек от повреждения о шероховатую поверхность паза, а также служит дополнительной электрической изоляцией катушек от пакета сердечника.

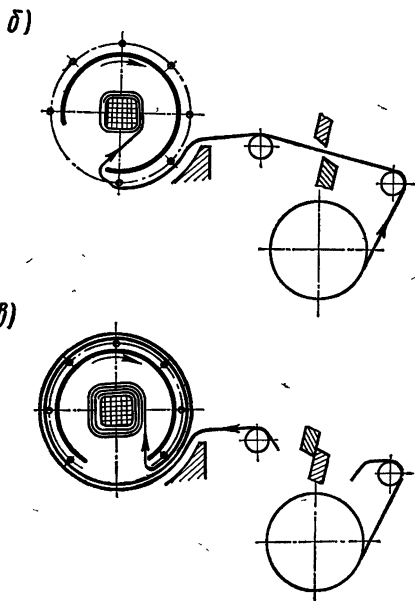


Рис. 10-1, б, в. Продолжение

б — положение челнока в начале изолировки;
в — положение челнока после обрезки ленты

В качестве изоляции для пазов сердечников применяют главным образом пазовые гильзы из двух или трех слоев волокнистых или слоистых изоляционных материалов (лакоткани, пленкоэлектрокартон и др.). Пазы статоров электродвигателей 1—3-го габаритов серии А2 и АО2 изолируют, например, гильзой из электрокартона (защита от механических повреждений) и лавсановой пленки (основная изоляция).

В последние годы в микромашинах в качестве пазовой изоляции начали применять эпоксидную напыленную изоляцию (см. гл. XV).

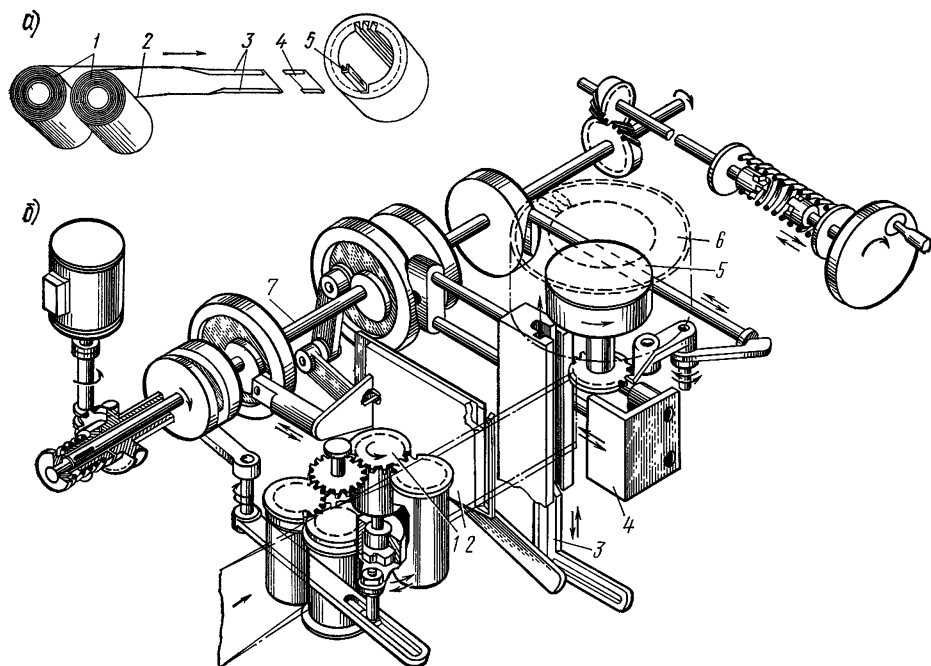


Рис. 10-2. Полуавтомат для изолировки пазов статора электродвигателей 1—2-го габаритов единой серии А2 и АО2:

а — технологическая схема изготовления и укладки пазовых коробочек; б — принципиальная схема

При изолировке пазовыми гильзами марка изоляционного материала и количество слоев его в гильзе зависят от класса нагревостойкости обмоток якоря.

Пазовая гильза, изолирующая дно и боковые стороны паза, имеет вид коробочки и формируется из предварительно нарезанной изоляции в штампах или на станках (см. рис. 7-2). Сформованные таким образом гильзы укладывают в пазы сердечников вручную. Для изолировки пазов якорей электродвигателей 1—3-го габаритов серии П и пазов статоров электродвигателей единой серии ВНИИТэлектропромом разработаны конструкции различных

полуавтоматов. На рис. 10-2 показаны технологическая и принципиальная схемы полуавтомата для изолировки двухслойной изоляцией пазов статоров электродвигателей 1—2-го габаритов единой серии А2 и АО2.

Ленты изоляционного материала 2 (рис. 10-2, а), сматываемые с рулонов 1, отбортовываются с двух сторон 3, разрезаются на заготовки 4, из которых формуются коробочки 5. Коробочки затем поочередно вкладываются в пазы статора.

Выполнение указанных переходов производится следующими механизмами (рис. 10-2, б).

Изоляционный материал подается в станок двумя парами валков 1, первая в процессе подачи отгибает под угол 90° манжеты с обеих сторон ленты, а вторая — прижимает их к ленте. Проходя далее между ножами 2 механизма отрезки, лента попадает напротив штампа и останавливается (движение ленты прерывистое). После отрезки ленты ножом 2 пуансон 4 вталкивает заготовку в канал матрицы, придавая ей форму коробочки, которая при обратном ходе пуансона досылателем 3 подается из матрицы в паз сердечника статора 6, сидящего на головке 5.

Головка периодически поворачивается на одно пазовое деление, устанавливая каждый раз паз статора против канала матрицы.

На распределительном валу 7 находятся кулачковые устройства, посредством которых автоматически в необходимый момент приводятся в движение исполнительные механизмы станка. После укладки коробочки в последний паз станок при помощи выключающего устройства (на схеме не показано) останавливается.

ГЛАВА XI

УКЛАДКА И СОЕДИНЕНИЕ КАТУШЕК ЯКОРЕЙ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

§ 11-1. Подготовка сердечника к укладке катушек якоря

Технологический процесс обматывания якоря относится к числу наиболее сложных и ответственных процессов изготовления электрической машины.

Изготовление якоря состоит из большого количества разнообразных операций, которые можно разбить на следующие стадии: подготовки сердечника к укладке катушек якоря, укладки катушек в пазы сердечника, пайки, пропитки, бандажировки, отделки, испытания.

В подготовку сердечника к укладке катушек входят операции напрессовки коллектора на вал, разметки якоря, изолировки обмоткодержателей и пазов.

На рис. 11-1 показан якорь электрической машины постоянного тока со стеклянными бандажами. Конструкция проволочного бандажа приведена на рис. 11-3.

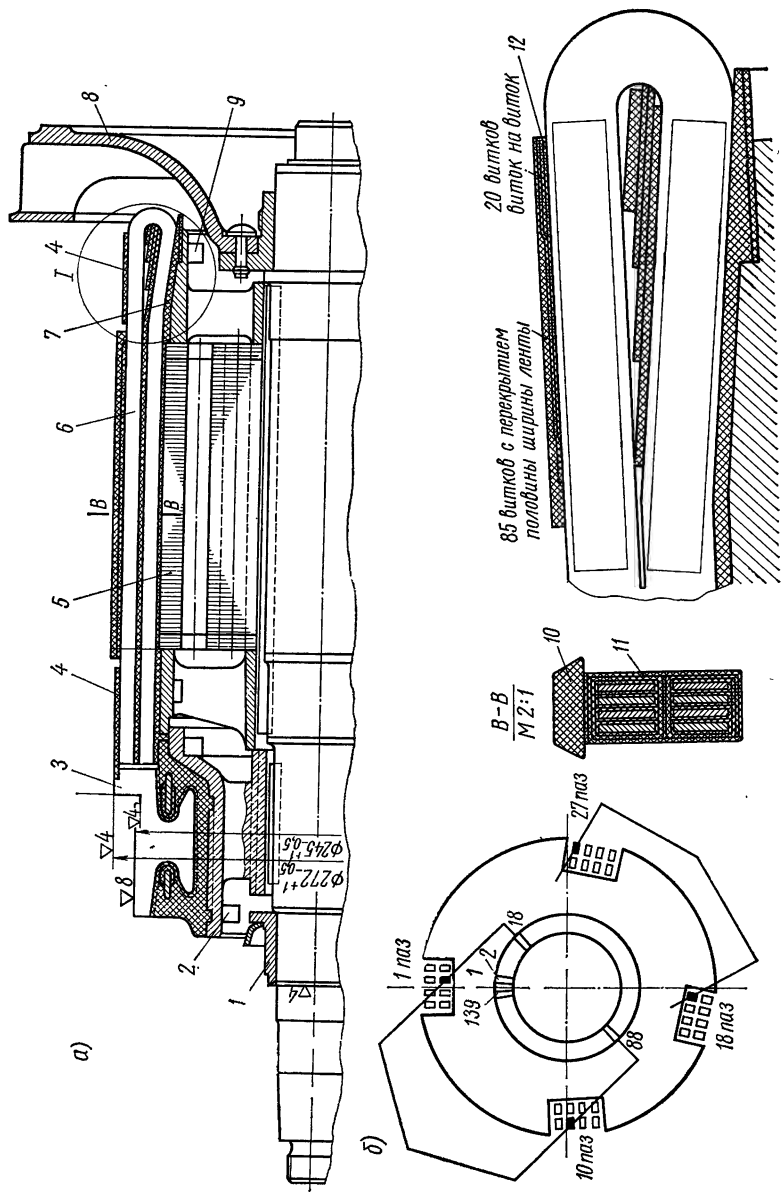


Рис. 11-4. Якорь:

а — общий вид якоря; 1 — втулка; 2, 9 — балансирующие грузы; 3 — коллектор; 4 — бандаж из стеклотенты марки ЛСБ сечением 0,2 мм $\times$ 18 мм; 5 — сердечник; 6 — катушка якоря; 7 — изоляция из стеклотенты обмоточного типа; 8 — вентилятор; 10 — клин стеклотентостойкий; 11 — пазовая изоляция; 12 — чехол; б — схема обмотки якоря

Напрессовка коллектора. Изготовление якоря начинается с операций напрессовки коллектора на вал сердечника и разметки якоря для укладки первой катушки.

Напрессовываются коллекторы на вал сердечника на горизонтальных или вертикальных гидравлических прессах.

Коллекторы небольших размеров удобнее устанавливать и следить за процессом напрессовки на вертикальном, а крупных — на горизонтальном гидравлическом прессе.

Перед запрессовкой посадочные поверхности якоря и вала очищают от пыли и грязи, продувая их сжатым воздухом и протирая тряпкой. В канавку вала вставляют шпонку, которую осаживают на место молотком из мягкого металла или стальным молотком через медную или текстолитовую прокладку, чтобы не повредить шпонку.

Во избежание сухого трения при запрессовке коллектора на вал их посадочные поверхности перед насадкой смазывают машинным маслом.

Коллектор на вал запрессовывается с натягом легкопрессовой посадки. О величине усилия запрессовки судят по показаниям манометра. Если давление при этом отличается от указанного в чертеже в большую или меньшую сторону, насадку коллектора необходимо прекратить и посадочные поверхности подвергнуть проверке (замерить размеры и проверить чистоту поверхностей). Коллектор насаживается на вал до упора.

Разметка якоря. Разметка якоря заключается в определении паза сердечника, в который согласно схеме обмотки должна быть уложена нижняя сторона первой катушки.

Она может укладываться в паз, середина которого совпадает или с серединой медной пластины, или с серединой миканитовой прокладки. Какой из этих двух вариантов принят, указывается в чертеже якоря.

Нахождение такого паза не представляет затруднений, его определенное положение обеспечивается конструкцией якоря и технологией изготовления.

Взаимное положение коллектора и пакета железа на валу якоря определяется расположением шпоночных канавок на валу, в коллекторе и листах сердечника якоря.

В листах сердечника шпоночная канавка штампуются симметрично одному из пазов; на валу якоря шпоночные канавки под коллектор и пакет сердечника фрезеруются на одной прямой вдоль оси вала. При изготовлении коллектора пакет пластин устанавливается относительно шпоночной канавки втулки, как предусматривается чертежом.

При выполнении всех этих условий напрессованный на вал коллектор занимает нужное положение, т. е. середина его медной пластины или миканитовой прокладки будет в одной плоскости с серединой первого паза пакета сердечника. Проверяют это с помощью шаблона (рис. 11-2) следующим образом. Призмой 1 шаблон накладывается на выступающий конец вала, стержень 5 вставляется в паз

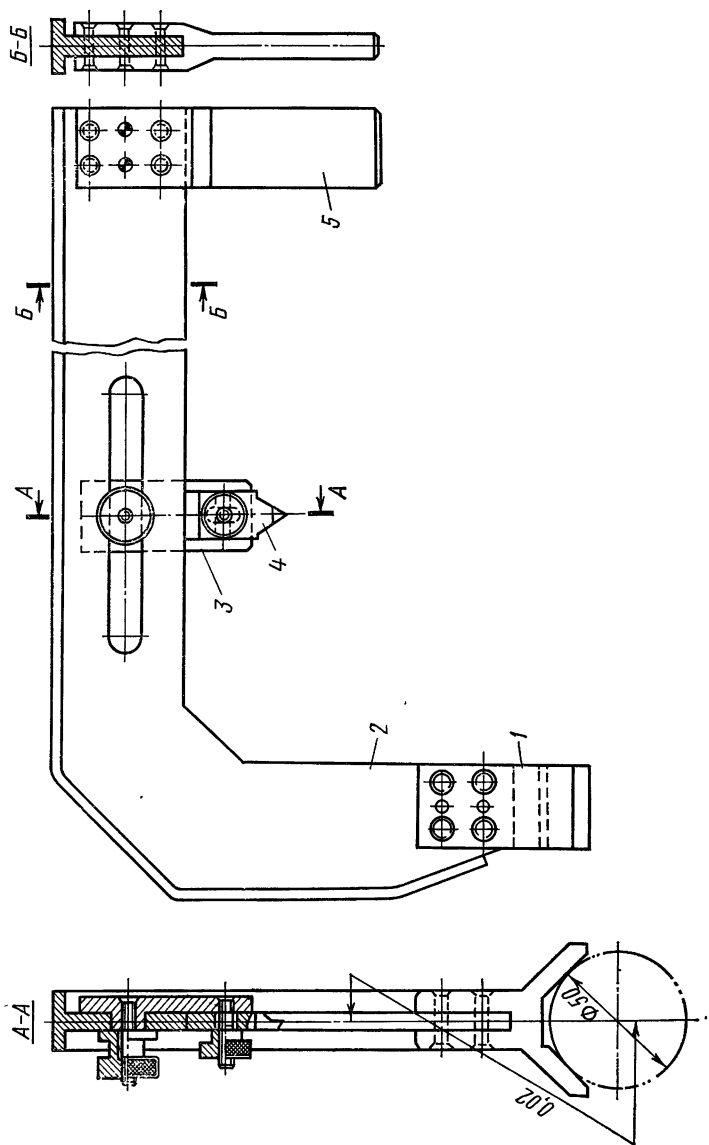


Рис. 11-2. Шаблон для разметки якоря

сердечника, а чертилка 4 опускается до соприкосновения с поверхностью коллектора.

Середина стержня, ось призмы и острие черилки находятся в одной плоскости, что обеспечивается при изготовлении шаблона.

Перемещая движок 3 вдоль паза стержня 2 и наблюдая за острием черилки, судят о том, симметрично ли относительно середины паза сердечника расположена медная пластина или миканитовая прокладка по всей длине коллектора.

Первый паз на сердечнике и коллекторные пластины, в которые будут уложены выводные концы обмотки, отмечают условным знаком: чаще всего на медной пластине керном ставят точки, а зубцы сердечника отмечают рисками. Эта операция называется *разметкой якоря*.

В случае смещения пластины коллектора или миканитовой прокладки относительно середины паза сердечника на величину большую, чем разрешает чертеж, якорь машины обматывать не следует, а нужно разобраться в причинах, вызвавших отступление от чертежа.

Изолировка обмоткодержателей. В зависимости от класса нагревостойкости обмотки якоря изолировку обмоткодержателей производят различными изоляционными материалами.

Обмоткодержатели машин нормального исполнения классов А и Е изолируют электрокартоном, пленкоэлектрокартоном, эскапоновой стеклолакотканью, гибким миканитом, тафтяной лентой.

В машинах более высоких классов нагревостойкости обмоткодержатели изолируют стеклолентой марки ЛСБ, стеклослюдицитом и другими материалами.

При изолировке обмоткодержателей электрокартоном или миканитом изоляционный материал предварительно нарезают на отдельные полоски. Изолировку производят в следующей последовательности. В установленный на стойках якорь в паз сердечника забивают деревянный клин, за который завязывают конец ленты. При вращении якоря под ленту подкладывают полоски изоляции, располагая их вдоль оси якоря с перекрытием друг друга и смазывая лаком для последующей запечки.

После того как нужная толщина изоляционного материала будет наложена равномерно по всей поверхности обмоткодержателя, поверх его накладывают бандаж из тафтяной ленты. Поверхность ткани проглаживается горячим утюгом для лучшего приклеивания ткани к миканиту.

Изолированные шайбы якоря стягивают металлическим бандажом и запекают в печи.

Стеклолентой ЛСБ обмоткодержатели изолируют на бандажировочном станке, устанавливая сердечник в центрах станка.

Начало стеклянной ленты закрепляют на обмоткодержателе первым витком; при дальнейшей изолировке натяжение ленты должно быть равно $490 \div 590 \text{ н}$ ($50 \div 60 \text{ кг}$). О величине натяжения судят по показаниям динамометра.

Вращая якорь равномерно по всей длине, в полуперекрытие накладывают на обмоткодержатель количество слоев, указанное в чертеже.

Конец бандажной ленты закрепляют на обмоткодержателе проглаживанием горячим паяльником в направлении наложения ленты по длине не менее 100 мм.

После закрепления конца бандажа снимается натяжение и лента отрезается ножницами. Неприклеенный кончик после отрезки проглаживается паяльником.

Сердечники с изолированными обмоткодержателями выпекаются в печи при температуре 145—155° в течение 12 ч.

При нагреве конца бандажа паяльником и в процессе термообработки остальной изоляции в печи связующие и смола, которыми пропитана бандажная лента, размягчаются, смола заполняет отдельные пустоты между слоями бандажа и, переходя в твердое неплавкое состояние, прочно скрепляет его витки.

Стеклобандаж имеет высокие электроизоляционные свойства и механическую прочность.

При изолировке обмоткодержателей необходимо следить за тем, чтобы изоляция плотно подходила к железу сердечника, а со стороны коллектора — к коллекторным пластинам.

Наружная поверхность последнего слоя изоляции должна быть на уровне дна паза сердечника и быть выше на 1 мм дна шлицев пластин. При этом по выходе из паза лобовые части катушки лягут на изолированный обмоткодержатель без перегибов.

Завершающим этапом подготовки сердечника к укладке обмотки является изолировка пазов, процесс выполнения которой рассмотрен в гл. X.

§ 11-2. Укладка катушек в пазы сердечника

Подготовленный для укладки катушек сердечник якоря устанавливается на специальные стойки. Процесс обмотки (укладки катушек) якоря начинается с укладки нижней стороны первой катушки на дно паза, отмеченного при разметке, и выводных концов в шлицы соответствующих коллекторных пластин.

В пазы первого шага сердечника укладываются только нижние стороны катушек, а верхние остаются приподнятыми до укладки катушек последнего шага.

Верхние стороны катушек второго и последующих шагов укладываются вслед за нижними, так как они оказываются над пазами, в которые уже уложены нижние стороны катушек предыдущих шагов. При укладке нижних сторон последнего шага приходится несколько приподнимать верхние стороны катушек первого шага, с тем чтобы они не мешали укладке.

Между слоями в пазах и между лобовыми частями предварительно укладывается изоляционная прокладка.

Катушки в паз должны входить под некоторым усилием, но не очень туго.

Для уменьшения трения при укладке пазовые части катушек натираются парафином.

Катушки в пазах осаживают молотком через текстолитовую подбойку, ширина которой равна ширине паза. По мере укладки катушек в пазы их выводные концы закладываются в шлицы коллекторных пластин.

При укладке выводных концов необходимо следить за тем, чтобы они не переклещивались, а располагались в шлицах в той последовательности, в которой они уложены в пазу сердечника.

Особенно большое внимание требуется при укладке катушек, имеющих много выводных концов из тонкого провода.

После окончания укладки катушек в пазы якоря и их концов в шлицы коллекторных пластин специальным ножом срезают выступающую пазовую изоляцию, а оставшиеся края гильзы загибают в пазы.

Концы катушек якоря, выступающие из петушков коллектора, обрубает пневматическим зубилом.

Надежность в работе электрической машины во многом зависит от правильной и качественной обмотки якоря и последующих операций изготовления его.

В процессе укладки катушек необходимо следить за тем, чтобы не повредить изоляцию обмотки. Следует пользоваться только исправным инструментом.

§ 11-3. Бандажировка якоря

Назначение бандажей. Для противодействия центробежным силам, возникающим при вращении, лобовые и пазовые части обмоток якорей и роторов должны быть надежно закреплены на сердечнике.

Пазовые части обмоток в сердечнике закрепляются с помощью бандажа из стальной проволоки в машинах небольших габаритов и пазовых текстолитовых или стеклотекстолитовых клиньев в машинах средних и больших габаритов. Лобовые части обмоток крепятся только с помощью бандажа.

В последнее время стальная проволока, применяемая для бандажей, все более заменяется стекловолокном, пропитанным термоактивными лаками. Бандажи из стеклянного волокна менее трудоемки при намотке и более надежны в эксплуатации.

Процесс наложения на обмотку бандажей из стальной проволоки или ленты из стекловолокна называется *бандажировкой*.

При бандажировке проволока и стекловолокно накладываются на обмотку с определенным натяжением, величина которого зависит от диаметра проволоки и указывается обычно в заводских нормалях.

Напряжение в бандаже, созданное при бандажировке, должно быть несколько больше напряжения от центробежных сил, возникающих при вращении якоря или ротора. Это напряжение не должно

ослабевать ни в процессе дальнейшего изготовления якоря, ни в результате нагрева ротора или якоря при работе машины.

Бандажируется якорь дважды. После укладки катушек на него накладывается временный бандаж, который заменяется на постоянный.

Назначение временных бандажей заключается в том, чтобы произвести осадку обмотки якоря, т. е. по всей длине катушки нижние ряды плотно прижать к дну паза и обмоткодержателям, а верхние ряды — к нижним.

Наложение временных бандажей. Перед бандажировкой якорь в течение 3—5 ч (в зависимости от диаметра) нагревается в печи с температурой 110—130°. Накладывается бандаж на горячий якорь, имеющий температуру не менее 80°.

Для бандажировки якорь устанавливают в центр бандажировочного станка. Станки для бандажирования якорей изготавливают специально или переделывают из старых токарных.

Процесс бандажировки начинается с укладки бандажей на лобовую часть, затем, не обрывая проволоки, накладывают бандажи на пазовую часть якоря и далее на вторую лобовую часть.

При бандажировке лобовых частей под проволоку прокладывается электрокартон толщиной 1,0 мм. При намотке бандажа на пазовую часть катушки в каждый паз предварительно закладывают деревянные планки одной толщины, ширина которых равна ширине катушки, а длина — прямоугольной части катушки якоря.

На концах деревянных планок накладывают по $10 \div 15$ витков рядом друг с другом, а по остальной длине планок проволока наматывается с промежутками между витками $5 \div 7$ мм. Число витков бандажной проволоки на лобовых частях должно быть не менее числа витков постоянного бандажа.

Для временных бандажей применяют стальную нелуженую проволоку того же диаметра, что и у проволоки для постоянных бандажей.

Витки бандажа скрепляются жестяными скобочками и на лобовых частях запаиваются припоем марки ПОС-30.

После пайки ослабляется натяжение и лишнюю проволоку откусывают кусачками.

В случае крепления пазовых частей катушек клиньями последние забивают в пазы после осадки обмоток временным бандажом.

Охладив якорь до температуры цеха, снимают временный бандаж, а в пазы забивают клинья ударами молотка через подбойку.

Клин в пазу к поверхности катушек должен прилегать плотно, поэтому забивка его в паз должна производиться с некоторым усилием.

В случае необходимости для получения плотной посадки под клин прокладывают дополнительные прокладки.

Наложение постоянных бандажей из стальной проволоки. Постоянный бандаж накладывается на якорь перед пропиткой после операции пайки выводных концов обмоток с петушками коллектора.

Процесс наложения его такой же, что и при временной бандажировке, но при этом под бандажную проволоку укладывается изоляция, предусмотренная чертежом.

Крепится бандаж с помощью жестяных скобочек, а затем проволока бандаж пропайвается по всей ширине.

Сплошная пропайка бандаж необходима для того, чтобы в случае обрыва одного витка не размотался весь бандаж.

Концы бандаж заделываются, как показано на рис. 11-3. Начальный виток огибается скобочкой, конец которой прижимается последующими витками проволоки (рис. 11-3, а). Конец бандажной проволоки (рис. 11-3, в) вставляется в заранее приготовленное отверстие после пропайки бандажей и после того, как переходные витки между отдельными бандажами перерезаны.

У остальных скобочек бандаж концы загибаются симметрично, как показано на рис. 11-3, б.

Наложение постоянных бандажей из стеклоленты на лобовые части. Для наложения такого бандаж якорь (см. рис. 11-1) устанавливают в центра бандажировочного станка; с задней лобовой части обмотки снимают временный проволоочный бандаж и приступают к укладке стеклобандаж.

Намотав 1,5—2 витка на середине задней лобовой части и закрепив конец стеклоленты первым витком, устанавливают натяжение ленты в пределах 830—980 н (95—100 кг). Величина натяжения определяется по динамометру. Под натянутую ленту подкладывают конец полосы из стеклоткани (чехол) и, включив станок, обертывают полосой лобовую часть обмотки якоря.

Бандаж накладывают в следующей последовательности. От середины лобовой части, после того как одним витком ленты закрепили полосу из стеклоткани и создали заданное чертежом натяжение, ленту в полуперекрытие накладывают в стороны головок обмотки якоря.

На границе наложения бандаж из стеклоленты наматывается бортик, ленту при этом укладывают виток на виток. Количество витков определяется чертежом. На бортик завертывают выступающий край чехла, который закрепляют одним витком стеклоленты. Таким образом, создается барьер, предохраняющий от сползания витки бандаж, которые будут намотаны позже.

При толщине стеклобандаж более 1,6 мм, чтобы в процессе намотки слои бандаж не сдвинулись, применяют боковые упоры в виде алюминиевых хомутов, устанавливаемых по краям бандаж. После запекания бандаж хомуты снимают.

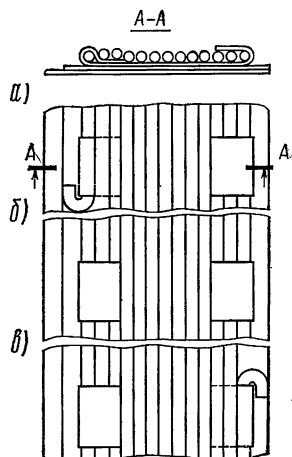


Рис. 11-3. Заделка концов бандаж

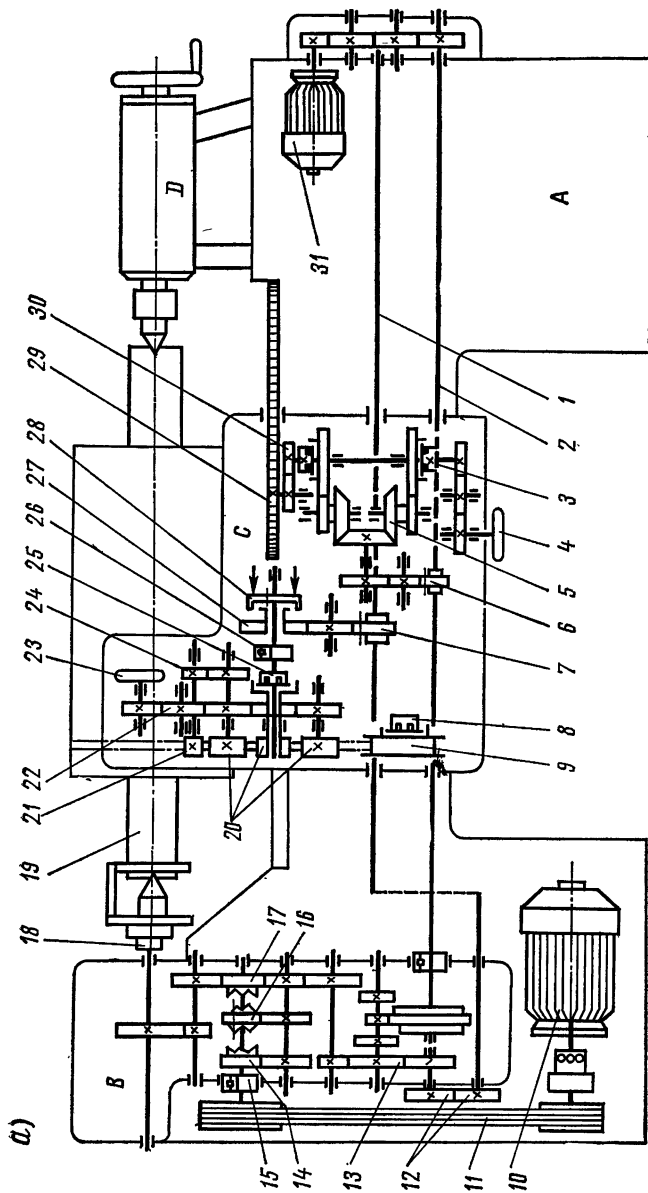


Рис. 11-4, а. Полуавтомат для бандажировки якорей стеклотентой:
а — кинематическая схема; б — каретка с натяжным устройством

Между бортиком из стеклоленты или алюминиевым хомутом с одной стороны и пакетом сердечника с другой наматывают полное количество витков бандажа, указанное в чертеже. Стеклолента распределяется равномерно по всей ширине бандажа и укладывается в полуперекрытие.

Для закрепления конца бандажа берут кусок тонкой проволоки и перегибают ее пополам так, чтобы в месте перегиба образовалась петля. Петлю накладывают на бандаж вдоль оси якоря, при этом перегиб должен оказаться в середине бандажа. Отступив от места перегиба проволоки на ширину бандажной ленты плюс 5—10 мм, накладывают три витка стеклоленты друг на друга при сниженном натяжении до 490 н (50 кг).

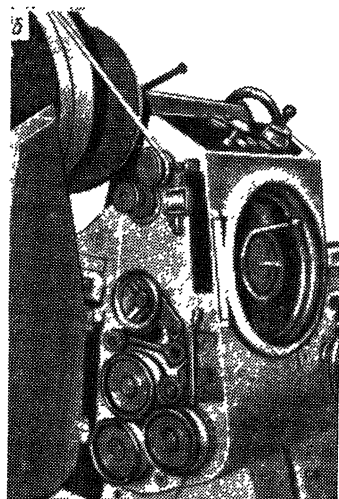


Рис. 11-4,б. Продолжение

Ослабив до нуля натяжение, бандажную ленту отрезают от бухты, конец ее продевают в проволочную петлю и с помощью перегнутой проволоки протаскивают под последними тремя витками. Конец бандажной ленты отрезают заподлицо с витками.

Ленточный бандаж на лобовую часть обмотки якоря со стороны коллектора накладывается по всей ширине в полуперекрытие. Чехла для крепления крайних витков здесь не требуется, так как упором служат петушки пластин коллектора. После наложения бандажа производится его запечка при температуре 145—150° в течение 12 ч.

Наложение стеклянного бандажа может производиться на тех же станках, что и для проволочного бандажа, при условии переделки механизмов натяжения и раскладки ленты вдоль оси якоря.

Однако более высокое качество и производительность получают при бандажировке на специальных станках.

На рис. 11-4 показан полуавтомат для бандажировки роторов (якорей) стеклолентой [6].

Полуавтомат состоит из четырех узлов: станины *A*, передней бабки *B*, каретки с натяжным устройством *C* и задней бабки *D*. Кинематическая схема его состоит из трех цепей: вращения шпинделя станка, продольного перемещения каретки, натяжения бандажной ленты.

Шпиндель 18, а вместе с ним и якорь 19, установленный в центрах, получают вращение от электродвигателя 10 через клиноременную передачу 11 и коробку скоростей.

Для изменения скорости вращения в коробке скоростей имеется муфта-шестерня 16, сидящая на валу на скользящей шпонке. Она может поочередно соединяться с шестернями 14 и 17, свободно наса-

женными на вал и имеющими разное число зубцов, или находиться в нейтральном положении (всего три скорости).

От коробки скоростей через блоки шестерен 13 и 12 получают вращение ходовой 2 и силовой 1 валики.

Ходовой валик 2 обеспечивает продольную механическую подачу каретки через цилиндрические 6 и конические 5 шестерни, цилиндрические пары шестерен (включаемые магнитными муфтами 3 и 30 в зависимости от направления передвижения каретки) и реечную передачу 29.

Каретка может перемещаться вручную от штурвала 4 или ускоренно от двигателя 31, так как в цепи валика имеется обгонная муфта.

Натяжение и сматывание бандажной ленты с бобины 9 осуществляется через тормозные барабаны 20, связанные между собой через шестерни 22, которые получают вращение от силового валика 1 через блок шестерен 7, фрикционные диски 27, 28 и обгонную муфту 26. Прижимной ролик 21 приводится во вращение от шестерен 24. Для включения цепи служит магнитная муфта 25.

При заправке лента натягивается от вращении маховичка 23 и обгонной муфты 26.

В момент остановки станка бабина с лентой тормозится электромагнитной муфтой 8, а натяжение ленты сохраняется при помощи обгонной муфты 15, которая предотвращает поворачивание шпинделя 18 в обратном направлении.

Наложение ленточных бандажей на миканитовые конуса коллекторов. Для предохранения миканитовых конусов от расслаивания в процессе вращения якоря их поверхности покрывают бандажом из стеклотенты в якорях со стеклобандажами и киперной лентой у якорей с бандажами из стальной проволоки. Накладывают бандаж на миканитовые конуса в операции бандажировки якорей после наложения постоянного бандажа.

На выступающую часть миканитового конуса накладывают несколько слоев ленты, которые раскладывают так, чтобы у бандажа получилась ровная поверхность. Конец бандажа из стеклотенты закрепляют с помощью паяльника так же, как и при изолировке обмоткодержателей.

При бандажировке миканитовых конусов киперной лентой каждый слой ленты промазывают эмалью ПКЭ-22. Конец ленты приклеивают к поверхности бандажа той же эмалью. Поверхность бандажа закрашивается слоем эмали.

Перед наложением бандажа зазор между медью коллектора и миканитовым конусом закрывают жгутом из ленты для предохранения от попадания в щель пыли и влаги. При бандажировке жгут плотно прижимается лентой к торцу коллектора.

§ 11-4. Отделка якоря

Отделка якоря включает операции: обточку рабочей поверхности, фрезерование миканитовых прокладок, шлифование коллектора. Выполняются эти операции после бандажирования и пропитки якоря.

Обточка коллектора. К рабочей поверхности коллектора предъявляются высокие требования. Шероховатость этой поверхности должна быть не ниже 7—8-го класса чистоты, биение поверхности коллектора относительно шеек вала под подшипник — не более 0,01—0,06 мм (в зависимости от габарита машины).

Эти высокие требования и должны быть положены в основу разработки процесса обточки коллектора.

Обработка рабочей поверхности коллектора должна производиться на жестких быстроходных токарно-винторезных станках в люнетах

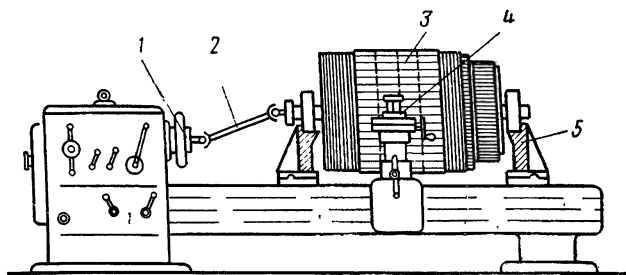


Рис. 11-5. Обточка коллектора якоря в люнетах

с установкой в них якоря на шейки вала под подшипник или в собственных подшипниках. При такой установке якоря за счет совмещения конструктивной и технологической баз обеспечивается выполнение требований соосности рабочей поверхности коллектора с шейками вала под подшипник.

Указанный способ базирования применяется и для обработки контактных колец и пакета сердечника роторов асинхронных электрических машин.

В качестве примера обточки коллектора с базой от подшипниковых шеек вала рассмотрим обработку якоря на модернизированном станке типа 163 (рис. 11-5).

Для обточки рабочей поверхности коллектора якорь 3 с подшипниками устанавливают на стойки-люнеты 5; вращение от шпинделя станка 1 передается якорю с помощью шарнирной передачи 2. Такая передача позволяет вращать якорь вокруг оси, проходящей через центр шеек вала под подшипник, т. е. так, как вращается якорь в машине. Резец для обточки коллектора устанавливают в суппорт 4.

Допустимая шероховатость рабочей поверхности коллектора обеспечивается за счет режимов резания, геометрии резца и марки твердого сплава.

При обточке цветных металлов, в частности меди, пользуются твердосплавными резцами вольфрамо-кобальтовой группы (типы пластин ВК6, ВК6М, ВК8).

Для получения заданной чистоты поверхности коллектор необходимо обрабатывать с большой скоростью резания и минимальной

подачей и глубиной резания (скорость резания порядка 200 — 250 м/мин; подача до 0,05 мм/об; глубина резания до 0,05 мм).

Наибольшую стойкость при обточке коллекторов имеют резцы с пластиной ВК6М, обладающие мелкозернистой структурой твердого сплава [17]. При обработке непродороженных коллекторов из-за абразивного износа резцов о миканит стойкость их намного (до 10 раз) ниже, чем при обработке продороженных. Шероховатость поверхности таких коллекторов остается в пределах 7—8-го класса чистоты, несмотря на повышенный износ резцов.

Допускаемая чертежом шероховатость рабочей поверхности коллектора при точении продороженных коллекторов может быть достигнута только при обработке острым резцом.

Фрезерование миканитовых прокладок. При работе электрической машины от трения щеток о коллектор срабатываются и щетки и коллектор. Миканит коллектора, срабатываясь меньше, чем медь, сильно изнашивает графитовые щетки. Поэтому принято занижать миканитовые прокладки относительно медных пластин, для чего их фрезеруют на глубину 1—1,5 мм. Операция эта называется *продороживанием коллектора*.

Фрезеруются миканитовые прокладки на станках с ручным приводом или станках-полуавтоматах.

Конструкция станка с ручным приводом несложна. Он состоит из станины с передней и задней бабками, в центрах которых устанавливается якорь. Сбоку станка по цилиндрическому направляющему перемещается суппорт с закрепленным на нем быстроходным электродвигателем, на валу которого насажена оправка с фрезой диаметром 20—25 мм.

При продороживании суппорт перемещают вдоль оси коллектора взад и вперед вручную. Также вручную поворачивают коллектор для продороживания следующей прокладки. Работа на таких станках требует значительных усилий рабочего.

Харьковским заводом «Электротяжмаш» им. Ленина изготовлен станок-полуавтомат для продороживания коллекторов.

Станок (рис. 11-6) состоит из сварной станины 11, задней 1 и передней 10 бабок. В передней бабке смонтирована вся кинематика станка — муфты поворота якоря и механизм их переключения, фрезерная головка, механизм продольного перемещения ползуна, шпинделя 9 и насос.

Якорь, подлежащий обработке, устанавливают в центр и закрепляют в них пинолью задней бабки. С планшайбой передней бабки якорь соединяется хомутиком.

Фреза 2 получает вращение от электродвигателя 4 через шестерчатую передачу. Перемещение вдоль оси коллектора для фрезерования миканитовой прокладки и возврат в исходное положение фрезерной головки осуществляются при движении ползуна 7, на котором закреплена головка.

Ползун приводится в движение от электродвигателя 16 через коробку скоростей, реечную шестерню и рейку z_1 , преобразующих

вращательное движение в поступательное. По окончании фрезерования одной миканитовой пластины ползун возвращается в исходное положение, якорь поворачивается на одно коллекторное деление для фрезерования следующей пластины.

Включение рабочего и возвратного движения ползуна и поворот якоря производятся автоматически электромагнитной системой управления станка.

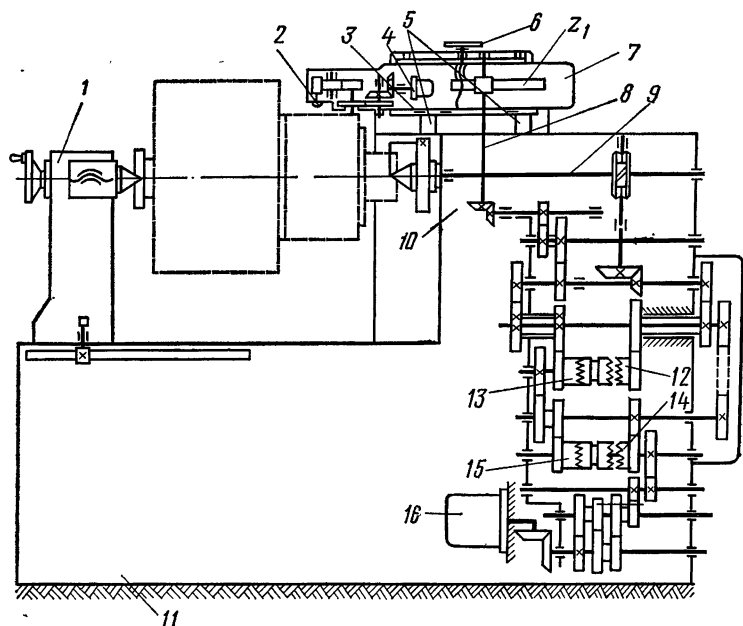


Рис. 11-6. Кинематическая схема полуавтомата для продоразивания коллекторов

При включении шестерен 14 и 13 ползун получает рабочее движение, а 15 и 13 — возвращается в исходное положение; при включении шестерен 15 и 12 происходит поворот якоря.

Миканитовые прокладки в коллекторе не всегда бывают расположены вдоль оси якоря. Для получения нужного направления движения фрезы при фрезеровании прокладок с большим перекосом ползун 7 поворачивают вокруг вертикального вала 8.

При фрезеровании прокладок, расположенных с небольшим отклонением от оси, фреза, имея плавающее крепление, получает коррекцию направления движения под воздействием боковых стенок медных пластин.

Шлифование коллектора. Операция шлифования коллектора производится в том случае, когда при обточке его поверхности на токарном станке не удастся получить заданной чистоты поверхности.

Шлифуется коллектор обычно наждачной шкуркой при больших оборотах якоря.

УКЛАДКА И СОЕДИНЕНИЕ КАТУШЕК РОТОРОВ И СТАТОРОВ

§ 12-1. Общие вопросы

Катушки роторов и статоров электрических машин мощностью от 1 до 100 *квт*, как всыпные, так и шаблонные, укладывают в пазы сердечников чаще вручную, даже в условиях массового производства. Поэтому операция укладки обмоток в общей трудоемкости изготовления асинхронного двигателя в зависимости от габарита составляет 20—30%.

Автоматизация процесса укладки всыпных обмоток не находит широкого внедрения по ряду причин. Основной из них является отсутствие необходимого оборудования для укладки обмоток статоров.

Статорообмоточные станки швейцарской фирмы «Микафил», применяемые на заводе ХЭЛЗ (г. Харьков) для укладки обмоток статоров электродвигателей холодильников, являются узкоспециализированными, они рассчитаны на укладку обмоток одного типа.

Электрические же машины, выпускаемые сотнями тысяч в год на том же заводе ХЭЛЗ, в пределах одного габарита имеют различные исполнения и прежде всего по электрическим характеристикам, требующим различных типов обмоток.

В отечественной промышленности имеется несколько опытных образцов статорообмоточных станков (конструкций ВНИИЭМ, ВНИИТ электропром, завода «Вольта»), но нет отработанных конструкций станков, выпускаемых серийно.

Разрабатываемые конструкции статоров и технология их изготовления базируются на укладку обмоток вручную и не могут быть использованы для автоматизированной укладки обмоток.

Что касается шаблонных катушек, то их, как и катушки якорей, укладывают исключительно вручную.

Технологический процесс изготовления статоров и роторов со всыпными обмотками состоит из следующих операций или переходов: 1) намотки катушек; 2) заготовки изоляции; 3) изолирования пазов; 4) укладки катушек и межфазовой изоляции, заклинивания пазов; 5) формовки лобовых частей; 6) сборки схем; 7) пайки или сварки схемы соединений; 8) изолировки и увязки схемы; 9) испытания обмотки; 10) пропитки.

Обычно намотка катушек и заготовка изоляции производится централизованно на отдельном участке, а укладка обмотки и остальные операции — на общем участке обмоточного отделения.

Процесс укладки обмотки в сердечники роторов и статоров по расчленению технологического процесса на операции и переходы, транспортирование необмотанных сердечников на рабочее место и обмотанных изделий на склад на электромашиностроительных заводах может быть организован по трем схемам:

1) на индивидуальных рабочих местах, расположенных на обмоточных столах.

Переходы 3, 4, 5 выполняются одной или двумя обмотчицами (в зависимости от габарита статора) последовательно, пока не будет закончена укладка обмотки.

Переходы 6, 7, 8, 9 выделяются в операции и выполняются другими работницами.

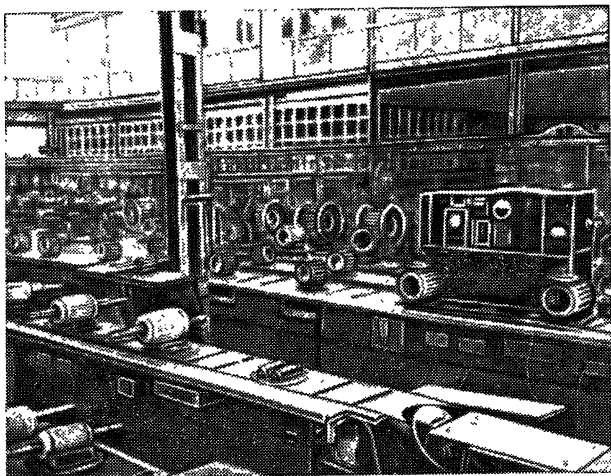


Рис. 12-1. Участок конвейеров для укладки сыпных обмоток роторов и статоров

При такой схеме организации, применяемой в мелкосерийном производстве, производительность обмоточных работ невысокая; 2) на конвейере с расчленением на отдельные операции, включая и испытание.

Конвейерная лента может перемещаться непрерывно или периодически (пульсирующий конвейер). При периодическом перемещении конвейерной ленты работница может производить укладку обмотки сидя.

На рис. 12-1 показан участок конвейеров для укладки обмоток статоров и роторов крановых электродвигателей серии МТ;

3) на индивидуальных рабочих местах, расположенных вдоль конвейера, служащего для подачи сердечников, катушек и изоляционных деталей на рабочие места и транспортирования обмотанных статоров и роторов.

Переходы 6, 7, 8 и 9 обычно выделяются в отдельные операции. При такой схеме организации работы транспортные конвейеры выходят из централизованных кладовых, в которых хранятся подготовленные к обмотке сердечники, намотанные катушки и заготовленные изоляционные детали.

Раздаточные конвейеры могут выполняться с автоматическим адресованием, т. е. с подачей всех деталей из кладовой на определенное рабочее место. При этом используются индивидуальные особенности обмоточниц и наиболее квалифицированным адресуются для обмотки статоры и роторы ответственных и сложных машин.

§ 12-2. Укладка и соединение всыпных обмоток статоров и роторов

Подготовка сердечника. Прежде чем производить укладку обмотки, необходимо к этому подготовить сердечник. В процессе хранения на сердечниках скапливается пыль, которая может послужить причиной пробоя изоляции.

Для очистки от пыли сердечник продувается сжатым воздухом.

У валов фазного ротора и в станинах статора места, приходящиеся против лобовых частей обмотки, оклеиваются изоляционным материалом.

В качестве изоляции применяют тонкий листовой электронит.

Основной операцией подготовки сердечника является изолировка пазов (см. гл. X.)

Укладка всыпных обмоток в пазы сердечников. Обмотки статоров могут укладываться в пакет сердечника, зашихтованного в станину или в отдельный пакет, который в готовом виде после пропитки запрессовывается в станину.

В отдельный пакет производится укладка обмоток статоров большинства габаритов электрических машин единой серии, а в пакет, находящийся в станине, укладываются обмотки статоров крупных асинхронных электрических машин и крановых электродвигателей серии МТ.

Стороны катушек всыпных обмоток укладываются в пазы сердечников статора и ротора через узкие щели полузакрытых пазов. Для предохранения изоляции проводов от повреждения при укладке в шлиц паза перед укладкой вставляется технологическая гильза из электрокартона, которая переставляется из паза в паз по мере укладки обмотки.

Однослойную обмотку укладывать значительно проще, чем двухслойную, так как каждая сторона ложится в свой паз и ничто не мешает ее укладке.

При двухслойной обмотке, как и при обматывании якорей, верхние стороны катушек первого полюсного шага остаются приподнятыми до тех пор, пока не уложат все остальные катушки, кроме катушечных групп, входящих в последний шаг.

Проследим процесс укладки катушек на примере укладки двухслойных обмоток статора. Первыми укладывают нижние стороны катушек, входящих в первый шаг, верхние стороны их при этом остаются на внутренней поверхности статора. Для предохранения изоляции верхних сторон катушек от повреждения о железо статора под них прикладывают электрокартон.

✓ После укладки нижних сторон первой катушечной группы верхние стороны последующих катушечных групп укладывают в пазы на ранее уложенные нижние стороны предыдущего шага. Между слоями в каждый паз поверх проводников укладывают междуслойные изоляционные прокладки. Слои катушки уплотняют в пазах ударами молотка через металлическую подбойку (рис. 12-2).

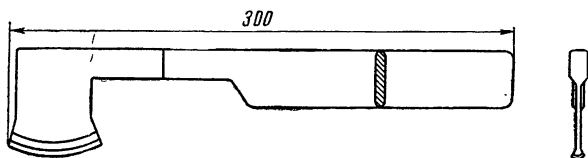


Рис. 12-2. Подбойка для уплотнения проводников внешней обмотки в пазу статора

В процессе обмотки лобовые части каждой катушки после укладки ее в паз изолируют ленточной изоляцией и между катушками с обеих сторон прокладывают межфазную изоляционную прокладку.

Дойдя при укладке катушек до паза, над которым находится верхняя сторона катушки первого шага, эту сторону отгибают и в паз

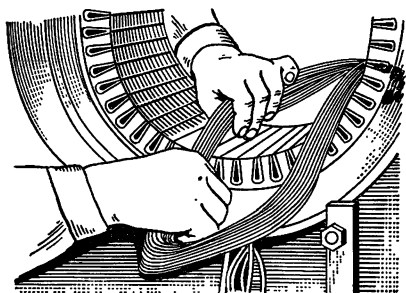


Рис. 12-3. Укладка нижней стороны внешней обмотки в паз статора

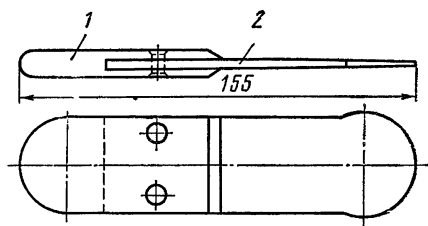


Рис. 12-4. Проводка:

1 — текстолитовая ручка; 2 — пластина из капрлона

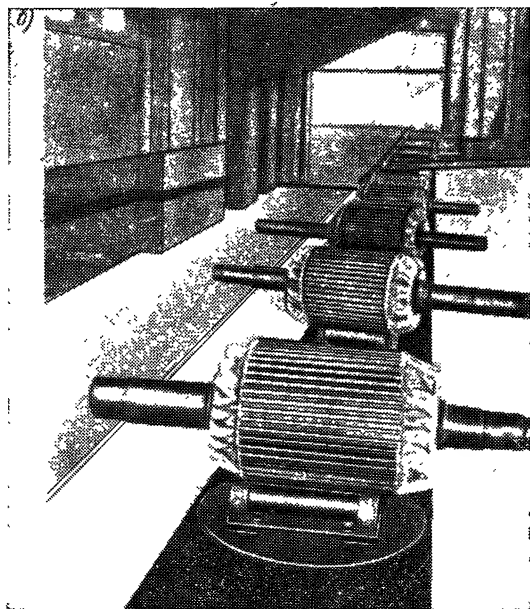
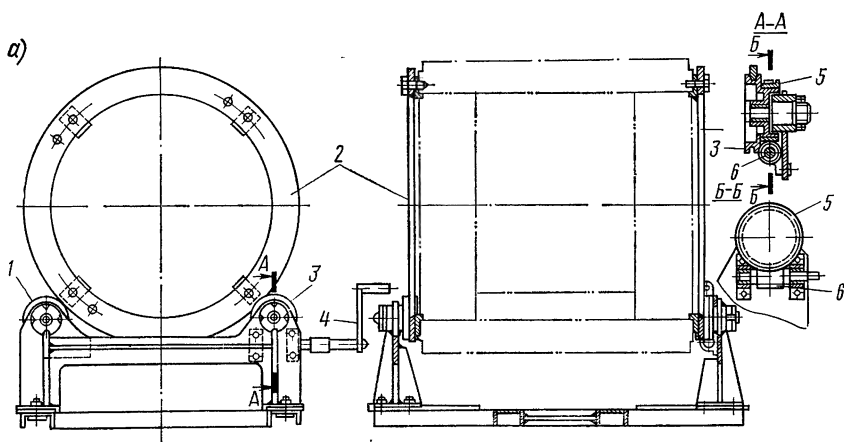
укладывают нижнюю сторону катушки последнего шага. Положив на нижнюю сторону катушки последнего шага междуслойную прокладку, в пазсыпают верхнюю сторону катушки первого шага.

Закончив укладку всех катушек, в пазы сердечника забивают буковые или стеклотекстолитовые клинья. Под клинья предварительно вставляют изоляционные прокладки.

При забивке клина в паз по нему ударяют молотком через подбойку. Клин должен сидеть в пазу плотно и не сдвигаться от руки.

Для укладки (всыпки) обмоток в пазы сердечников пользуются следующими приемами. При укладке нижней стороны катушки проводники ее расправляют руками в одну плоскость и вводят в угол паза сердечника (рис. 12-3), затем протягивают вдоль паза и с помощью проводки (рис. 12-4) всю сторону катушки «всыпают» в паз.

Вторая сторона катушки таким образом не может быть уложена в паз, так как проводники ее находятся над пазом по всей длине



и параллельны ему. Для ввода этой стороны катушки в паз сердечника левой рукой отделяют по нескольку проводников и расправляют их в одну плоскость, а правой рукой, движениями проводки вдоль паза, постепенно вводят в паз всю сторону катушки.

Процесс «всыпки» катушек одинаков как для статора, так и для ротора, с той лишь разницей, что укладывать обмотку ротора гораздо удобнее, чем обмотку статора.

Для удобства укладки обмотки в процессе работы статор и ротор приходится периодически поворачивать вокруг горизонтальной оси на некоторый угол, с тем чтобы пазы, в которые укладывается

Рис. 12-5. Приспособления для поворота сердечников в процессе обмотки:
а — статоров; б — роторов

обмотка у статора, находились внизу, а у ротора — сверху.

Поворот тяжелых статоров легко осуществляется с помощью приспособления (рис. 12-5, а).

Статор с привернутыми к нему с обоих торцов дисками 2 устанавливается на роликовые опоры приспособления, две из которых гладкие 1, а две 3 — имеют коническую канавку для лучшего сцепления с диском, имеющим обод такой же формы.

Ролик 3 насажен на одну ось с червячным колесом 5. Поворот статора осуществляется в результате передачи движения за счет сил трения диска 2 о ролик 3, приводимый во вращение рукояткой 4 через червячную пару (червяк 6 и червячное колесо 5).

Приспособление для поворота роторов (рис. 12-5, б) состоит из двух цилиндрических свободно вращающихся опор, на которых легко от руки поворачивается обматываемый ротор. При укладке обмотки статоры и роторы приходится поворачивать также вокруг вертикальной оси для удобства правки и изолировки лобовых частей их с противоположной стороны. Для этой цели в столы обмотчиц встраиваются подвижный и неподвижный диски, между которыми в кольцевой канавке насыпаны шарики. На верхний поворотный диск устанавливают приспособление с обматываемыми роторами или статорами.

Формовка лобовых частей. Лобовые части обмоток статора и ротора должны иметь определенную форму и размеры, исключающие их повреждение в процессе сборки и работы машины. Для придания им этой формы производится операция формовки.

При формовке лобовых частей статора, укладываемых в отдельный пакет, в расточку пакета вставляется алюминиевый вкладыш, по лобовым частям ударами молотка (обязательно через подбойку из изоляционного материала, чтобы не повредить изоляцию) производится гибка лобовых частей до соприкосновения с вкладышем. Формуются лобовые части поочередно с обеих сторон.

После формовки контрольным шаблоном проверяют расстояние от наружного диаметра пакета до максимального вылета лобовой части. Это расстояние не должно быть меньше допустимого, указанного в чертеже.

Правка вручную — процесс малопроизводительный. На некоторых заводах формовку лобовых частей стараются механизировать, создавая для этого специальные станки. Конструкция одного из них, разработанного институтом ВНИИТЭЛЕКТРОПРОМ, показана на рис. 12-6.

Пресс-автомат предназначен для одновременной опрессовки с обеих сторон лобовых частей пакетов статора электродвигателей серии АО2 5-го габарита.

Станок встраивается в механизированную линию обмотки и пропитки. Он состоит из станины 1 со столом, на который устанавливается пакет статора 6, снимаемый автооператором 2 со спутника транспортера 7.

В станине пресс-автомата смонтирована гидравлическая система с гидроприводом 3 и опрессовочным цилиндром 4.

Опрессовываются лобовые части двумя алюминиевыми конусами 5, верхний из них закреплен на штоке гидроцилиндра.

Следует сказать, что машинная формовка лобовых частей часто не обеспечивает надлежащего качества из-за колебаний упругости медных проводов.

Сборка, пайка или сварка, изолировка и увязка схемы. После укладки всех сторон катушек в пазы сердечников необходимо произвести соединение концов отдельных катушечных групп в фазы

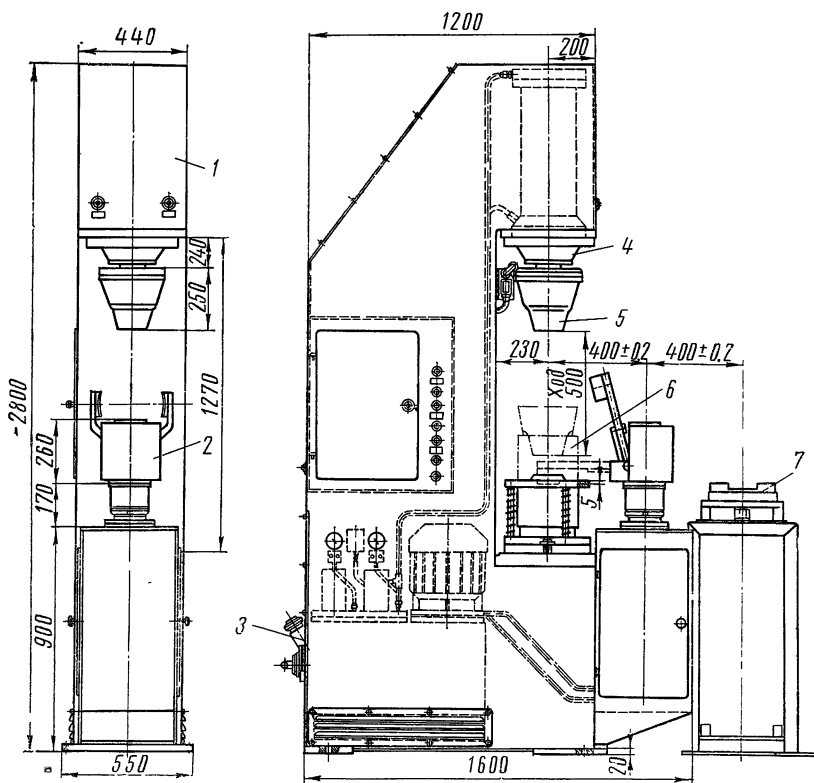


Рис. 12-6. Пресс-автомат для опрессовки лобовых частей пакетов статора электродвигателей серии АО2 5-го габарита

согласно схемы, указанной в чертеже. Для этого выводные концы отдельных катушек расправляют и подравнивают по длине, размечают согласно схеме, а затем конец одной катушки скручивают с началом другой.

К началу и концам фаз согласно схеме присоединяют выводные кабели, после чего производят пайку или сварку скруток (см. гл. XVI). Соединения концов катушечных групп между собой и с выводными кабелями изолируют двумя слоями стеклолакоткани, собирают по торцу схемы в один жгут, который после бандажировки стеклолентой привязывают к лобовым частям обмотки.

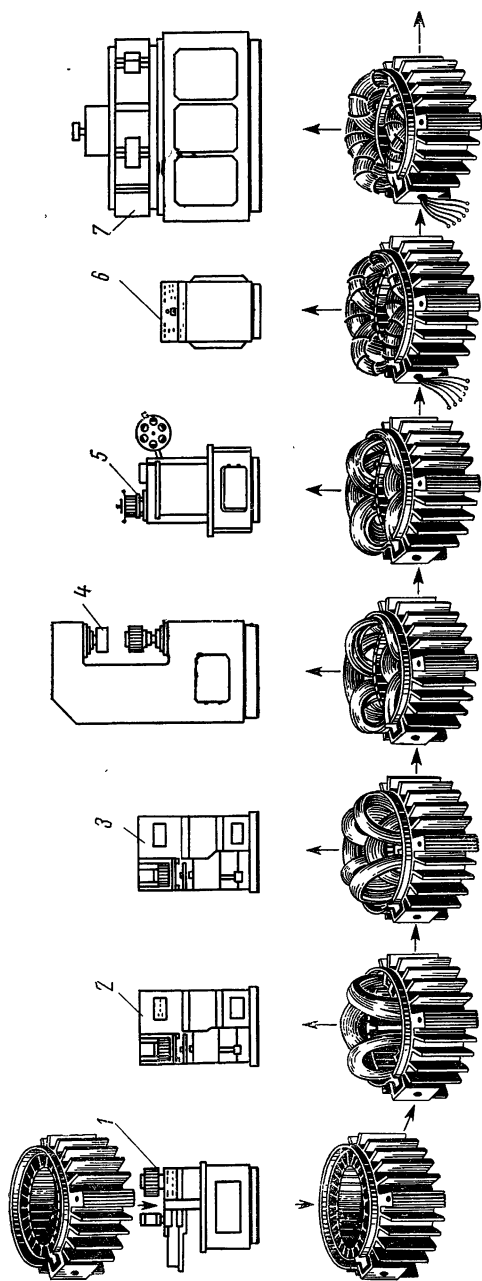


Рис. 12-7. Комплексно-механизированная поточная линия намотки, пропитки и сушки обмоток статоров электродвигателей серии АОJ2 1-го габарита

Выводные кабели без перекрещивания выводят наружу (при укладке обмотки в пакет, находящийся в статоре) или располагают по торцу схемы (при укладке обмотки в отдельный пакет).

Для удержания на роторе в процессе вращения лобовых частей всыпных обмоток их привязывают стеклолентой к специальным металлическим кольцам, сидящим на валу ротора.

Механизация процесса изготовления статоров. На ВДНХ на юбилейной выставке, посвященной пятидесятилетию Советского государства, демонстрировалась комплексно-механизированная линия намотки, пропитки и сушки обмоток статоров электродвигателей серии АОЛ2 1-го габарита, разработанная институтом ВНИИТЭЛЕКТРОПРОМ.

Линия (рис. 12-7) состоит из следующего оборудования:

полуавтомата для изолирования пазов статоров 1;

четырёх полуавтоматов для намотки всыпной обмотки из эмалированного провода в пазы статоров (2 — намотка первого яруса обмотки; 3 — намотка второго яруса обмотки);

гидравлического пресс-автомата для опрессовки лобовых частей 4;

полуавтомата для заклинивания обмотки в пазах статоров 5;

автоматической установки контроля качества обмотки статоров 6;

автоматической установки совмещенной пропитки и сушки обмоток статоров 7.

Передача изделий от станка к станку производится шаговым штанговым транспортером.

Линию обслуживает 13 рабочих. Производительность ее при такте 1,6 мин составляет 200 статоров в смену.

§ 12-3. Укладка и соединение стержневой обмотки ротора

Подготовка ротора к укладке обмотки. Процесс подготовки ротора к укладке заключается в продувке пазов ротора сжатым воздухом в специальной камере, изолировке колец обмоткодержателя лентой, изолировке нажимных шайб и пазов сердечника.

Приемы выполнения этих подготовительных работ аналогичны приемам подготовки к укладке обмоток якорей и статоров и роторов со всыпными обмотками.

У роторов электродвигателей единой серии концы обмотки выведены через три боковых и одно центральное отверстие вала (рис. 12-8). Для того чтобы начало фазы, к которой присоединяется выводной конец обмотки, располагалось напротив отверстия вала перед укладкой обмотки, мелом размечают схему ротора (пазы начала фаз).

Укладка обмотки ротора. Сердечник ротора имеет полузакрытые пазы, в которые с торца пакета вставляют стержни с изогнутой с одного конца лобовой частью (рис. 12-9, а). Другие концы стержней изгибают непосредственно на роторе после укладки их в пазы сердечника.

Для укладки обмотки ротор устанавливают на специальные стойки.

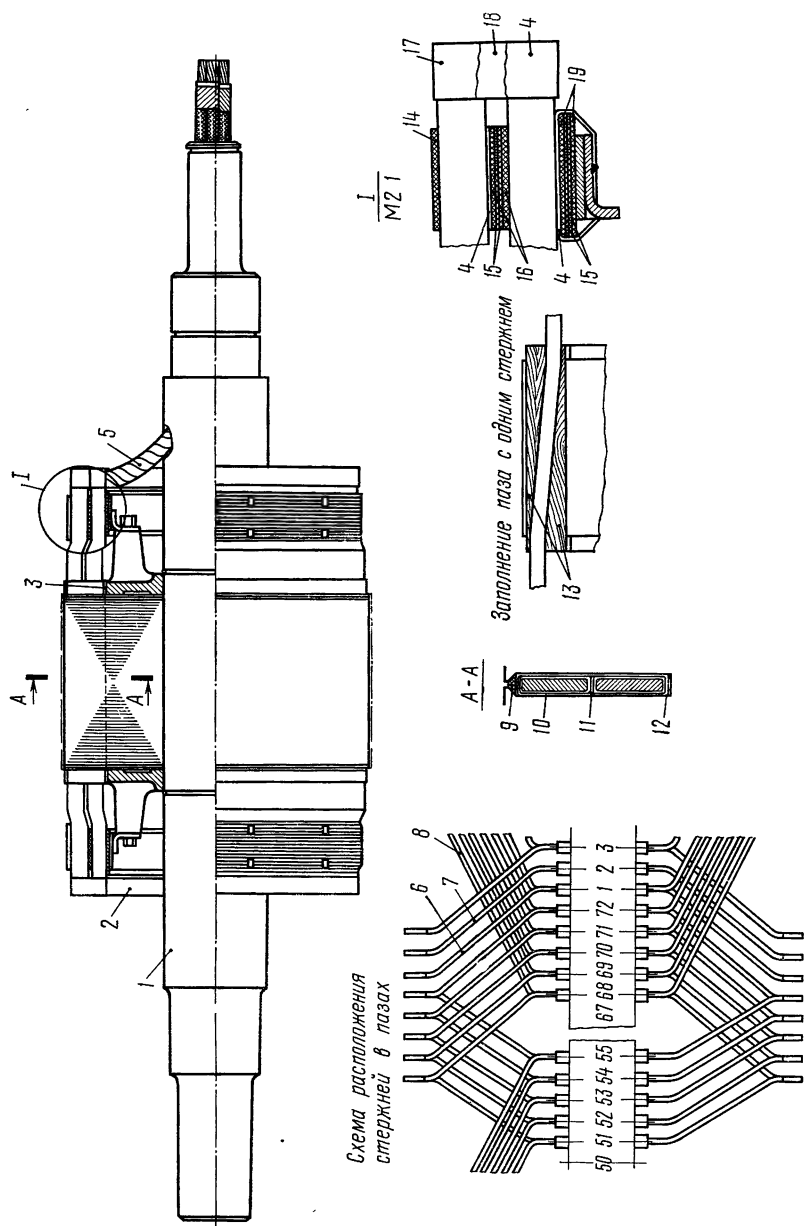


Рис. 12-8. Фазный ротор электродвигателя единой серии АК2 9-го габарита:

1 — вал; 2 — нулевая шина; 3 — электронная лента; 4 — стеклянная лента; 5 — выводная лента; 6, 8 — верхний и нижний стержни; 7 — перекрестный стержень; 9 — электрокартон; 10, 12 — электрокартон; 11 — стеклокартон; 13 — клин; 14 — лента стеклянная бандажная; 15 — стеклослюдицит; 16 — электронит; 17 — хомут; 18 — стеклолакопань; 19 — электронит

Первоначально в пазы сердечника со стороны контактных колец вставляют нижний слой стержней, а в три паза согласно схеме — переходные стержни.

Прямолинейную часть стержней осторожно осаживают на дно паза, а лобовую — до прилегания к обмоткодержателю. Осадку стержней производят молотком через прокладки из изоляционного материала. Переходные стержни в пазах расклинивают клиньями.

Поверх лобовых частей стержней накладывают межслойную изоляцию из электронита и стеклослюдинита, которую затем бандажуют стеклянной лентой в один слой в полнахлеста.

С противоположной контактным кольцам стороны лобовые части специальными ключами (рис. 12-9, б) изгибают по радиусу до плотного прилегания к обмоткодержателю, а выводные концы, на которые

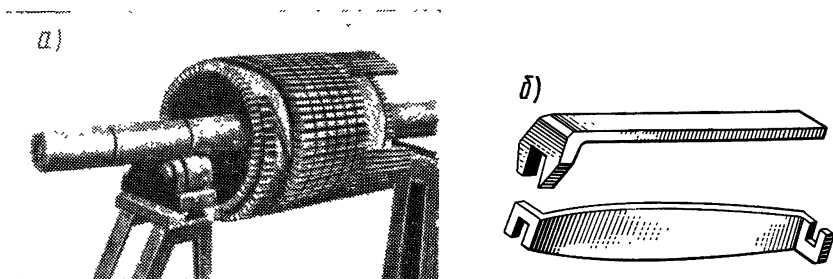


Рис. 12-9. Укладка стержневой обмотки:
а — ротор в процессе обмотки; б — ключи для гибки стержней

будут надеваться соединительные хомуты, выгибают до положения, при котором они будут параллельны пазам сердечника.

На лобовые части стержней накладывают межрядовую изоляцию, а на пазовые части — прокладки из стеклотекстолита. В таком виде ротор подготовлен для укладки верхнего слоя стержневой обмотки.

Стержни верхнего слоя вставляют в пазы со стороны, противоположной контактным кольцам. Уложив и подравняв слой верхних стержней по нижнему ряду, в каждый паз забивают пазовые клинья, затем производят гибку лобовых частей по радиусу, а концы стержней изгибают и располагают параллельно пазам, согласно шагу обмотки.

Укладку и гибку стержней верхнего слоя производят теми же приемами, что и нижнего слоя.

Для соединения стержней согласно схеме (см. рис. 12-8) их концы с обеих сторон соединяют попарно хомутами, согнутыми из полосовой меди. Для прочного соединения хомуты и стержни обжимают плоскогубцами.

В последующих операциях изготовления ротора производится пайка стержней, установка нулевой шины, соединение обмотки с выводными кабелями, бандажировка и испытание обмотки ротора.

Концы трех стержней верхнего слоя, являющиеся концами фаз, соединяются между собой в звезду нулевой шиной, представляющей собой кольцо с тремя хомутиками, соединенными с шиной и расположенными на ней под углом 120° между собой.

К трем стержням нижнего слоя, являющимся началом фаз, посредством хомутиков присоединяются выводные кабели, которые выводятся через три наклонных и центральное отверстия для соединения с контактными кольцами.

Хомутики нулевой шины и выводных концов припаивают к стержням электропаяльником. Хомутики, расположенные рядом с выводными кабелями и нулевыми шинами, изолируют стеклолакотканью и стеклянной лентой.

Для восприятия усилий от центробежных сил, возникающих при вращении, лобовые части обмотки ротора бандажируют стальной проволокой или стеклянной лентой.

У готового ротора проверяют: а) вылет лобовых частей обмотки (шаблоном); б) электрическую прочность изоляции стержней и пазов относительно корпуса; в) обмотку ротора на витковое замыкание. Процессы пайки и испытания обмоток описаны в гл. XVII и XVIII, бандажировка ротора аналогична бандажировке якорей (см. гл. XI).

ГЛАВА XIII

ИЗГОТОВЛЕНИЕ РОТОРОВ С КОРОТКОЗАМКНУТОЙ ОБМОТКОЙ

§ 13-1. Типы короткозамкнутых обмоток и общие вопросы их изготовления

Большинство асинхронных двигателей выпускается промышленностью с короткозамкнутыми роторами. У таких роторов обмотки имеют вид беличьей клетки, изготавливаемой чаще из алюминия методом литья (рис. 13-1).

Для роторов некоторых специальных машин и электродвигателей большой мощности применяются обмотки из медных или латунных стержней, замкнутых с торцов пакета ротора отдельными кольцами (рис. 13-2).

Короткозамкнутые роторы должны иметь высокую электропроводность и высокие механические свойства беличьей клетки, большое переходное сопротивление между обмоткой и сердечником ротора.

Конструкция и способ выполнения обмотки короткозамкнутого ротора влияют на характеристики работы электродвигателя — потери мощности, перегрев, к. п. д., скольжение, надежность и долговечность работы.

Метод получения короткозамкнутой обмотки ротора заливкой алюминием является наиболее прогрессивным. В процессе заливки, кроме стержней, отливают также короткозамыкающие кольца

с крыльями, выполняющими при работе электродвигателя роль вентилятора.

При заливке роторов алюминием производительность труда значительно выше, а стоимость ниже, чем при изготовлении роторов из медных или латунных стержней.

Для заливки короткозамкнутых роторов применяется первичный алюминий марок А5, А6, А7 (ГОСТ 11069—64). Содержание соответственно 99,5; 99,6; 99,7% алюминия и остальное — примеси кремния, меди, цинка, титана, железа.

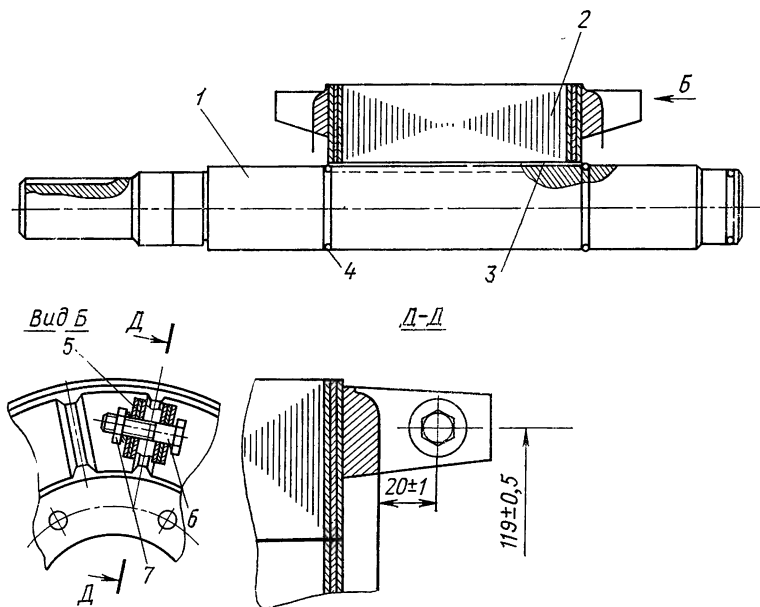


Рис. 13-1. Короткозамкнутый ротор электродвигателя А2-91-4, залитый алюминием:

1 — вал; 2 — пакет; 3 — шпонка; 4 — кольцо пружинное; 5 — груз балансировочный; 6 — болт; 7 — гайка

Заливка короткозамкнутых роторов производится в специальных формах, называемых пресс-формами, или кокилями. Кокиль состоит из верхней и нижней половин, в которых имеются кольцевые канавки и углубления для образования при заливке короткозамыкающих колец и вентиляционных лопаток.

При поступлении в форму алюминий не должен окисляться. Пленки окислов уменьшают электропроводность алюминия и могут служить причиной трещин и разрывов стержней.

Для заливки пакет ротора и кокиль должны быть соответствующим образом подготовлены. Пакет ротора собирается на технологическую оправку, а затем опрессовывается отдельно или в форме на литейных установках непосредственно перед заливкой. Плотно-

ность спрессовки пакета сердечника ротора оказывает влияние на качество ротора.

При остывании залитого алюминия до окружающей температуры происходит его усадка, в результате усадки стержни укорачиваются по длине примерно на 2%. Пакет сердечника ротора препятствует усадке стержней, вследствие чего в них создаются внутренние напряжения. При сильной спрессовке пакета эти напряжения будут значительными и могут привести к образованию трещин в стержнях или их обрыву.

При слабой спрессовке пакета и некоторых способах заливки расплавленный алюминий может попасть между листами пакета, что приведет к уменьшению контактного сопротивления между обмоткой и пакетом. Величину спрессовки пакетов перед заливкой обычно определяют опытным путем.

Перед заливкой пакет ротора подогревается в специальных печах. Подогретый пакет лучше заполняется алюминием.

Кроме того, подогрев необходим для частичной компенсации разности коэффициентов расширения стальных листов сердечника и заливаемого металла. При остывании после заливки алюминием таких пакетов длина их, как и длина стержней, становится меньше, а в связи с этим и напряжения в стержнях будут меньшими, чем при заливке в холодный пакет. Температуру подогрева пакета перед заливкой определяют опытным путем.

На большинстве электромашиностроительных заводов пакеты роторов перед заливкой подогревают до температуры 500—650°. При более высокой температуре нагрева пакетов образующаяся

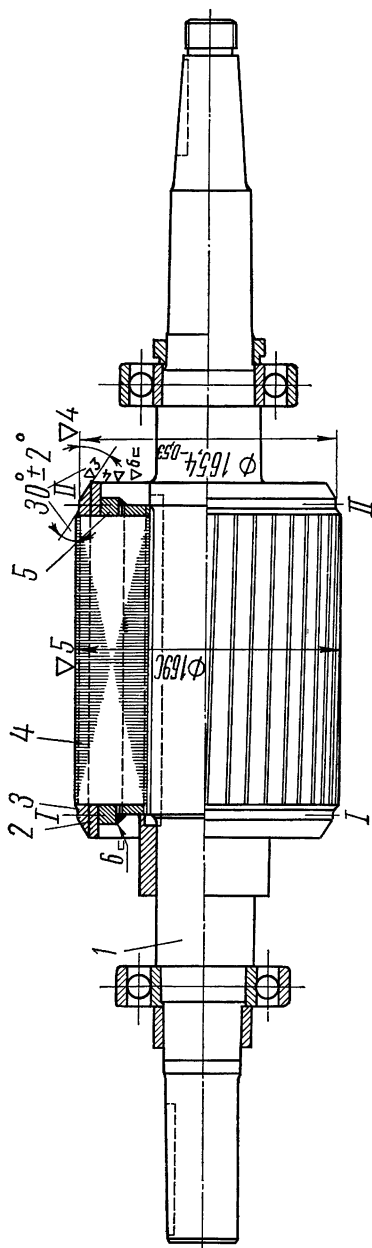


Рис. 13-2. Короткозамкнутый ротор электродвигателя с обмоткой из медных стержней:

1 — вал; 2 — короткозамыкающее кольцо; 3 — стержень; 4 — пакет ротора; 5 — балансировочные грузы

в пазах окалина может попасть в отливку и послужить причиной трещины или обрыва стержня. Следует также иметь в виду, что чем выше температура пакета, тем лучше механический контакт алюминия со стальным пакетом, а значит и меньше между ними переходное сопротивление.

По этой же причине не следует производить заливку пакетов роторов перегретым алюминием.

Чаще всего роторы заливают расплавленным алюминием, имеющим температуру 700—750°.

Для повышения к. п. д. и снижения нагрева электродвигателя (за счет уменьшения добавочных потерь) большое значение имеет контактное переходное сопротивление между стержнями ротора и стальным пакетом. По данным [18], оно должно быть не менее 30 ом·мм².

Величина контактного сопротивления зависит от способа заливки. Контактное сопротивление может быть увеличено за счет предварительного изолирования пазов пакета сердечника перед заливкой алюминием.

Изолировка пазов пакетов ротора выполняется оксидированием или фосфатированием.

Процесс оксидации заключается в получении на поверхности листов сердечника тонкой пленки окислов в результате воздействия на них высокой температуры и окислительной среды. Оксидация совершается в специальных печах с температурой нагрева 550°. Листы выдерживают в таких печах несколько часов.

Для заливки пакетов короткозамкнутых роторов применяют следующие способы: статический, центробежный, литье под давлением, вибрационный, литье под низким давлением, методом штамповки жидкого металла.

§ 13-2. Заливка короткозамкнутых роторов алюминием

Статический способ заливки. Этот способ наиболее прост по выполнению, для его осуществления не требуется дорогого оборудования и сложной оснастки.

На рис. 13-3 показана форма, устанавливаемая на гидрокпрессе, в которую статическим способом заливаются алюминием короткозамкнутые роторы электродвигателей 9-го габарита.

Перед заливкой сердечник 6, зашихтованный на технологическую оправку 2, запирается на оправке кольцом 1 и штифтами, входящими в отверстие оправки. Нагретый в печи до температуры 400—500° сердечник с оправкой устанавливают на нижнюю часть 7 формы. Для предохранения от вытекания алюминия из пазов при заливке на пакет надевают чугунную разъемную рубашку 5. Затем включают гидравлический пресс; поршень 10 начинает перемещаться вниз; при помощи тяг 8 плита с закрепленной на ней верхней половиной формы 4 опускается и обе части заливочной формы смыкаются. Ротор заливается расплавленным алюминием через литни-

ковую чашу 3. После застывания алюминия из формы 7 ротор вытывается подвижной плитой 9 при ходе поршня 10 вверх.

Центробежный способ заливки. При центробежном способе заливка алюминия производится во вращающийся пакет ротора. Для этого подогретый пакет ротора устанавливают в кокиль (рис. 13-4, а), закрепленный на столе 8 центробежной машины (рис. 13-4, б).

В прорезь верхней части кокиля накладывают три тяги 6, скрепленные с диском 10, сидящим на червячном валу 9. Нажимая ногой на педаль тормоза 11, включают электродвигатель 2, установленный на раме 1. От электродвигателя через муфту 3, коническую пару 4, 5 вращение передается валу 9, диску 10 и столу 8.

После того как диск 10 сделает какую-то часть оборота, он вырезом попадает на защелку тормоза; диск вместе с тягами получает поступательное перемещение вниз от вращающегося червячного вала, плотно прижимая кокиль к столу.

После снятия нажатия на педаль тормоза освобожденный диск, а вместе с ним и стол с формой начинают вращаться.

Установку закрывают кожухом 7, в верхнюю крышку его вставляют воронку, через нее и литниковую чашу производится заливка ротора алюминием.

Кокиль с залитым ротором освобождается от закрепляющих тяг при вращении стола в обратную сторону, при этом диск с тягами перемещается вверх по червяку. Сняв кожух и разобрав кокиль, извлекают из него залитый ротор.

Заливка роторов под давлением. Способ заливки роторов под давлением является наиболее распространенным способом получения короткозамкнутых роторов благодаря высокой производительности процесса и возможности заливки алюминия в пакеты ротора без их предварительного подогрева.

Заливка роторов под давлением производится на специальных литейных машинах типа «Поллак».

На рисунках показаны чертеж пресс-формы (рис. 13-5) и схема заливки алюминием короткозамкнутых роторов на машине литья под давлением (рис. 13-6).

Пресс-форма (см. рис. 13-5) состоит из неподвижной части А, обоймы В, подвижной части В и оправки для шихтовки пакета ротора Г.

Неподвижная часть формы центральным отверстием в плите 9 (см. рис. 13-5) надевается на мундштук 5 (см. рис. 13-6, а) камеры

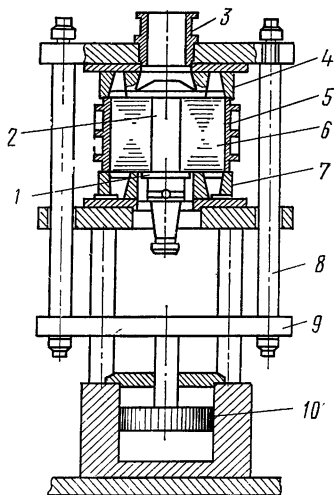


Рис. 13-3. Статическая заливка алюминия короткозамкнутых роторов

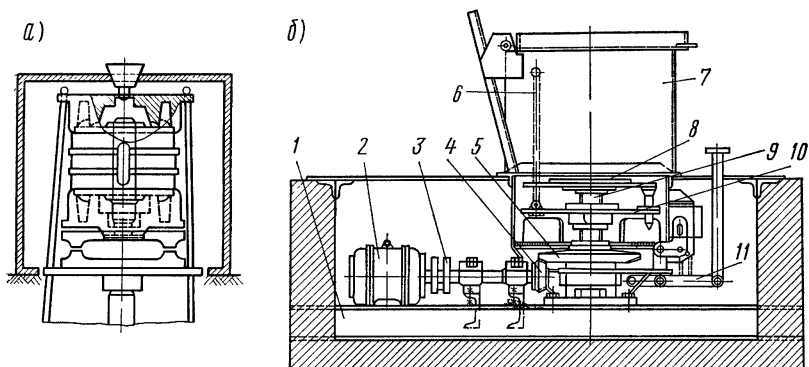


Рис. 13-4. Центробежная заливка роторов

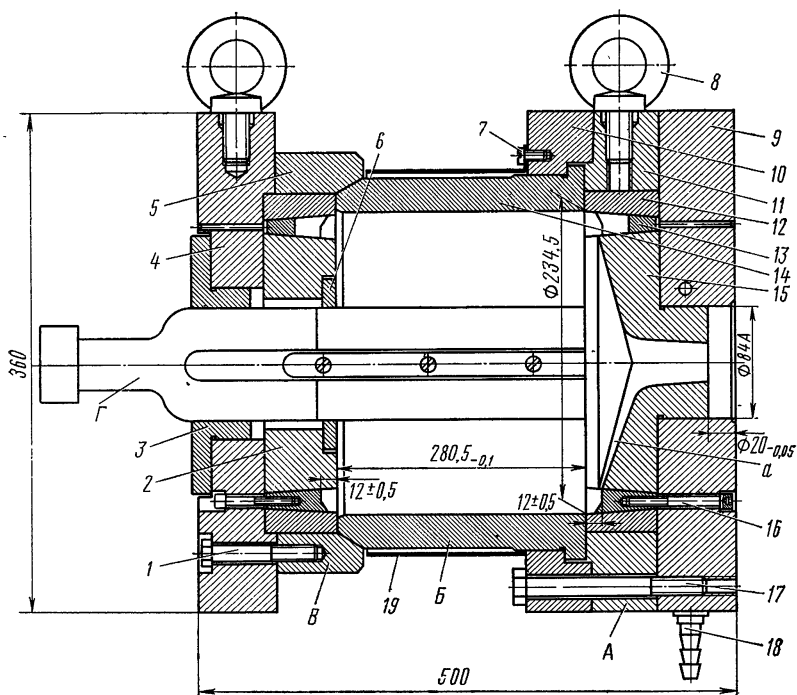
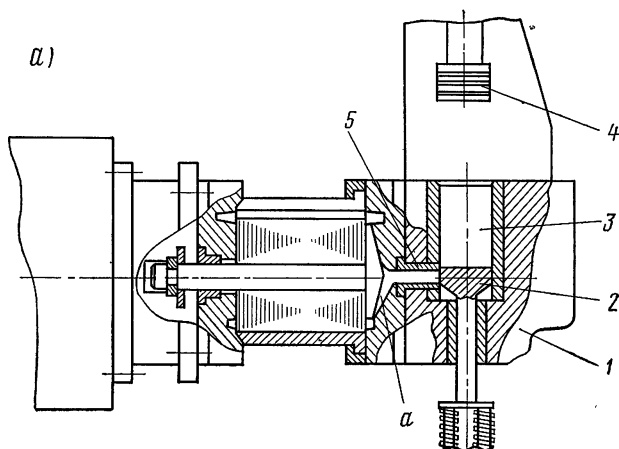


Рис. 13-5. Пресс-форма для заливки короткозамкнутого ротора

прессования и закрепляется на корпусе машины 1. К промежуточной плите 11 (см. рис. 13-5) с помощью кольца 10 и болтов 17 крепятся две половинки обоймы Б. К кольцу 10 винтами 7 привернут предохранительный кожух 19. Подвижная часть формы состоит из плиты 4,



матрицы 2, центрирующего кольца 5, кольца 12, вставки 13 и направляющей втулки 3. Все детали, кроме направляющей втулки, скреплены с плитой болтами 1 и винтами 16. Подвижная часть пресс-формы на подставке машины крепится за плиту 4.

Для получения у ротора вентиляционных лопаток и короткозамыкающих колец в процессе заливки формы алюминием в обеих частях формы имеются полости соответствующей формы и размеров, образованные между матрицами кольцом 12 и вставкой 13.

При транспортировании пресс-форма захватывается за грузовые винты 8. В процессе заливки пресс-форма охлаждается проточной водой, циркулирующей по каналам плиты. Подвод и отвод воды осуществляются через штуцеры 18.

Заливка ротора алюминием происходит в следующей последовательности. Пакет ротора, зашихтованный на оправку, устанавли-

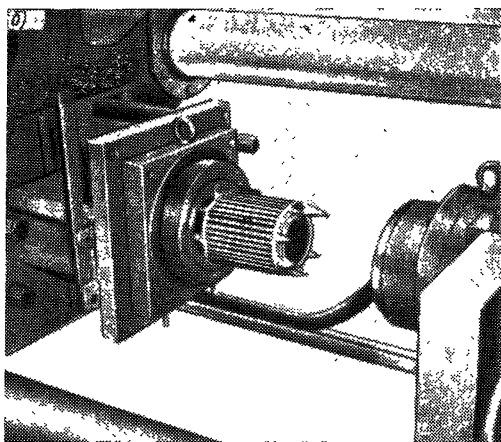


Рис. 13-6. Машина для литья под давлением: а — схема заливки ротора алюминием; б — ротор, залитый алюминием перед извлечением из машины

вают в неподвижную часть формы. На оправку надевают кольцо 6, предохраняющее пакет ротора от распухания, включают пресс и обе части пресс-формы смыкаются, спрессовывая пакет ротора.

У центрирующего кольца 5 и обоймы имеются скосы, которые при смыкании пресс-формы служат ограничительным упором и посредством которых запираются половинки обоймы.

Из тигля (на рисунках не показан) мерным ковшом в камеру прессования 3 (см. рис. 13-6, а) заливается определенная порция расплавленного алюминия.

Давлением прессующего поршня 4 алюминий утапливает подпружиненную пресс-пятку 2 и из камеры прессования через мундштук и каналы а в матрице пресс-формы впрыскивается в пакет сердечника.

Перед тем как отвести в исходное положение подвижную часть пресс-формы рукояткой (рис. 13-6, б), на хвостовик оправки накладывают запорную шайбу, которая удерживает залитый ротор у подвижной части машины при разьеме пресс-формы.

Ротор на рисунке показан без литниковой чаши, которую после разьема легко отбивают ударом молотка.

Рис. 13-7. Установка для вибрационной заливки роторов

Для снятия ротора с машины поворотом рукоятки в обратном направлении необходимо оправку освободить от запорной шайбы.

Вибрационный способ заливки роторов. Вибрационным способом роторы заливают на специальной установке (рис. 13-7). Она состоит из стола 1, к нижней стороне которого прикреплены вибратор 5 и пневмоцилиндр 8. На конце штока пневмоцилиндра имеется диск 7 с тягами 6. При включении пневмоцилиндра форма 10 тягами плотно прижимается к столу. Стол через пружины 3 опирается на раму 4 и крепится к ней болтами 2. Вибратор 5 приводится в движение электродвигателем 9 посредством ременной передачи. При вращении электродвигателя возникающая центробежная сила за счет несбалансированного диска вибратора заставляет вибрировать основание машины и форму с заливаемым пакетом ротора.

Заливка роторов под низким давлением. В описанных ранее способах заливки роторов форма металлом заполнялась сверху вниз.

При этом часть воздуха не успевала выйти из формы и в беличьей клетке, особенно в нижнем замыкающем кольце, образовывались газовые раковины.

При заливке роторов под низким давлением форма заполняется металлом снизу, что способствует лучшему удалению воздуха из нее.

При этом способе заливки металл в форму подается непосредственно из печи, благодаря чему в нем не образуются окислы, как это имеет место при заливке ковшем.

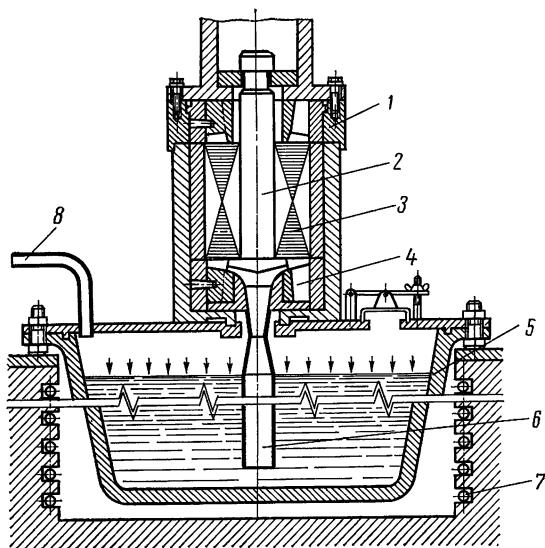


Рис. 13-8. Схема заливки роторов способом литья под низким давлением

Процесс заливки осуществляется в следующем порядке. В тигель 5 печи 7 (рис. 13-8) заливают очищенный от пленок и газа алюминий. Тигель герметически закрывают. Набранный на оправку 2 пакет ротора 3 вставляют в неподвижную часть формы 4. Подвижная часть формы 1, опускаясь вниз, допрессовывает пакет ротора с необходимым усилием.

При включении пневмокрana (на рисунке не показан) через воздухопровод 8 в верхнюю часть тигля плавно подается сжатый воздух. Чистый металл по металловоду 6 поднимается вверх и заполняет форму. Скорость подъема металла можно регулировать изменением величины давления сжатого воздуха.

После того как алюминий в форме затвердеет, переключают пневмокран и верхняя полость тигля сообщается с атмосферой, давление в ней падает до нормального. Жидкий алюминий из металловода опускается в тигель. Форму раскрывают и из нее извлекают залитый ротор. Структура металла отливки при этом способе получается плотной.

Средний цикл заливки роторов электродвигателей единой серии 1—5-го габаритов составляет от 60 до 90 сек, что уступает по производительности заливке роторов под высоким давлением на машинах типа «Поллак».

Производительность труда может быть повышена при способе заливки роторов под низким давлением за счет применения многопозиционных установок. Но при этом для каждой позиции требуется изготовление своего кокиля.

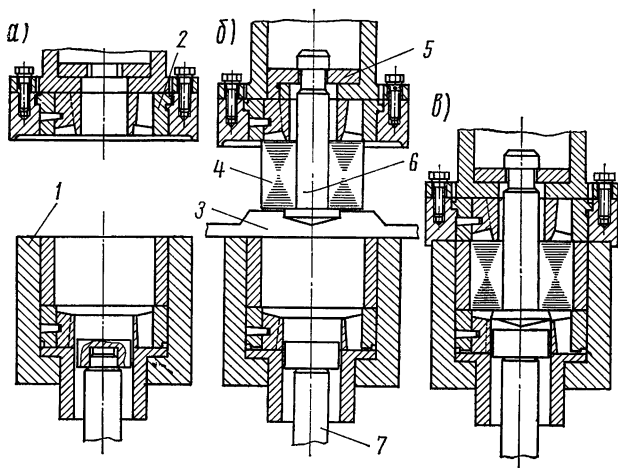


Рис. 13-9. Схема заливки роторов способом штамповки из жидкого металла

Заливка роторов способом штамповки из жидкого металла. Способ штамповки из жидкого металла является вторым способом заливки роторов с подачей металла в форму снизу. Сущность способа заключается в том, что заполнение пазов пакета ротора происходит в результате вытеснения расплавленного металла из полуформы при погружении в нее пакета листов ротора (рис. 13-9).

Пресс-форма для заливки состоит из двух полуформ: неподвижной 1, закрепляемой на столе установки, и подвижной 2, закрепляемой на ползуне (рис. 13-9, а). Пакет листов железа ротора 4, собранный на оправку 6, устанавливается на опорную плиту 3, лежащую на неподвижной полуформе 1 (рис. 13-9, б).

При включении пресса ползун вместе с полуформой 2 опускается вниз и подпрессовывает пакет. После закрепления пакета в верхней полуформе клин 5 ползун поднимается вверх. Освобожденную плиту 3 снимают.

В неподвижную полуформу 2 мерным ковшом заливают рафинированный алюминий; включают пресс, и ползун с верхней полуформой опускается в расплавленный металл. Вытесненный алюминий, поднимаясь вверх, заполняет пазы пакета. При смыкании двух полуформ автоматически приводится в движение от гидроцилиндра

пресса поршень 7, который запрессовывает оставшуюся часть металла в форму (рис. 13-9, в).

После затвердевания отливки ползун пресса поднимается вверх, поршень 7 опускается вниз, полуформы размыкаются. Залитый пакет ротора освобождается из верхней полуформы после выбивки клина 5.

При механизации и автоматизации процесса на многопозиционной установке производительность заливки может быть выше, чем на машинах литья под давлением.

Выбивка оправок из залитых алюминием пакетов. После заливки ротора алюминием из его пакета удаляют технологическую оправку с помощью гидравлического пресса или специального устройства — копра. Копер представляет собой ударную установку, наносящую удар по подставленной детали свободнопадающим массивным грузом, предварительно поднимаемым на определенную высоту.

Выбивка оправки из пакета с помощью копра — более технологичная операция: при ее выполнении менее вероятен сдвиг листов пакета, так как благодаря резкому удару по оправке усилие не успевает передаться пакету сердечника. Выбивку оправок следует производить после того, как ротор достаточно остынет.

Если оправку выбить вскоре после заливки, то при остывании может искривиться ось отверстия пакета из-за неравномерной усадки стержней.

Наличие оправки в пакете при остывании препятствует искривлению оси пакета.

§ 13-3. Влияние различных способов заливки на качество короткозамкнутых роторов

Институтами ВНИИЭМ [18], ВНИИТЭлектромаш [19] и некоторыми заводами [20] проведены исследовательские работы по оценке влияния различных способов заливки на качество короткозамкнутых роторов.

На основании этих работ и других данных можно дать следующую оценку качества отливок, исходя из требований, предъявляемых к короткозамкнутым роторам.

При статическом способе заливки качество отливок получается невысоким. Наиболее характерные дефекты беличьей клетки — спаи, недоливы, раковины, уменьшение сечения стержней против размеров паза, обрывы стержней.

Указанные дефекты являются прежде всего следствием слабого давления на расплавленный металл при заливке, величина которого определяется высотой литника и плотностью расплавленного алюминия, и поэтому давление на металл не может быть большим.

Расплавленный алюминий, активно взаимодействуя с кислородом воздуха, окисляется, вследствие чего на его поверхности образуется оксидная пленка. При заливке статическим способом эта пленка не размельчается, попадая в паз ротора, и, располагаясь поперек паза, может служить причиной спаев и разрывов стержней.

Контактное переходное сопротивление между стержнями и стальным пакетом ротора колеблется в значительных пределах и составляет величину порядка $0,15\text{--}12\text{ ом}\cdot\text{мм}^2$.

При центробежном способе заливки на расплавленный алюминий действует центробежная сила, которая уплотняет металл. Под воздействием этой силы оксидная пленка размельчается и отбрасывается к стенке паза, тем самым уменьшается вероятность нарушения целостности стержней. Благодаря центробежной силе отлитый металл имеет лучшую структуру в сравнении с отливками, полученными статическим способом.

Отливка, полученная центробежным способом, все же имеет и ряд дефектов:

газовые раковины в нижнем короткозамыкающем кольце, так как имеющийся в форме воздух в процессе заливки не успевает из нее выйти;

неравномерная плотность стержней в их поперечном сечении из-за воздействия центробежной силы (более удаленная сторона стержня от оси вращения имеет большую плотность).

Контактное сопротивление между стержнями отливки и пакетом ротора невысокое и колеблется примерно в тех же пределах, что и у роторов, залитых статическим способом.

При заливке роторов под давлением качество отливок получают невысокое. В процессе заливки прессирующий поршень подает в форму вместе с металлом воздух, находящийся в камере прессования. В результате заполнения формы металлом, смешанным с воздухом, беличья клетка получается пористой, и из-за этого удельное сопротивление стержней в сравнении с целым металлом становится большим. Увеличение сопротивления вызывает добавочные потери в роторе. Из-за проникновения жидкого алюминия между листами железа переходное сопротивление получается низким. Оно колеблется в пределах $0,01\text{--}0,09\text{ ом}\cdot\text{мм}^2$.

При вибрационном способе заливки качество короткозамкнутых роторов получается более высоким, чем у роторов, полученных ранее описанными способами. Причиной тому являются силы инерции, возникающие в процессе колебательного движения. Благодаря им хорошо размельчается оксидная пленка, уменьшается контакт алюминия беличьей клетки с пакетом ротора, в результате чего повышается переходное контактное сопротивление, величина которого достигает $25\text{ ом}\cdot\text{мм}^2$.

Силы инерции, имеющие направление вдоль стержней, способствуют лучшему заполнению формы и уплотнению отливки.

При заливке под низким давлением и способом штамповки из жидкого металла короткозамкнутые роторы имеют высокое контактное сопротивление, плотную структуру отливки с высоким пределом прочности, достаточную пластичность.

Эти способы являются новыми, перспективными, но пока еще не нашедшими широкого применения на электромашиностроительных заводах.

Выход годного литья составляет 80—90%, что на одну треть выше, чем у ранее описанных способов.

Контроль роторов. Для контроля качества стержней разработаны конструкции различных приборов, которыми залитые роторы должны проверяться после обточки пакета.

Однако все эти приборы имеют существенные недостатки, поэтому многие заводы до сборки не проверяют роторы, залитые алюминием, а об их качестве судят по характеристике машины при ее испытании после сборки.

§ 13-4. Изготовление короткозамкнутых роторов с обмоткой из медных и латунных стержней

Технологический процесс изготовления роторов с обмоткой из медных и латунных стержней состоит из следующих операций: изготовления стержней; изготовления замыкающих колец; забивки стержней в пазы пакета ротора и установки замыкающих колец; сварки или пайки стержней с замыкающими кольцами.

Изготовление стержней. В зависимости от профиля паза ротора стержни бывают цилиндрической, прямоугольной и фасонной формы. Медные или латунные прутки, из которых в дальнейшем будут изготавливаться стержни, обычно получают методом волочения через волокни, с требуемой формой поперечного сечения.

Заготовки стержней из прутков нарубают на прессах штампами или же получают резкой на станках. После рубки или резки стержни правят на плите молотком вручную и с торцов наждачным камнем снимают заусенцы.

Изготовление замыкающих колец. Из предварительно нарезанных медных или латунных соответствующей длины полос кольцо закатывается на стальных валках, затем сваривается встык.

Забивка стержней в пазы ротора. Стержни в пазы ротора забивают молотком. Перед забивкой стержней пазы ротора выправляют (о правке пазов см. гл. V).

Сварка или пайка стержней с замыкающими кольцами. Стержни с кольцами соединяют при помощи пайки или газовой сварки. Для получения качественного соединения стержней с кольцами методом сварки необходимо их изготавливать из однородного материала.

ГЛАВА XIV

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И УКЛАДКИ ОБМОТОК МИКРОМАШИН

§ 14-1. Провода обмоток микромашин

В машинах малой мощности сердечники имеют полузакрытые пазы круглой, овальной, трапецидальной и прямоугольной формы.

Обмотки микродвигателей, преимущественно всыпные, наматываются из круглых проводов в виде катушек на шаблоны или непосредственно в пазы якорей.

Для обмоток применяют следующие марки проводов ПЭЛ, ПЭТ, ПЭВ-2, ПЭТВ, ПЭЛШО, ПЭЛШКО, ПЭТКСОТ.

Зачистка вводных концов катушек микродвигателей из провода ПЭВ-2 может производиться химическим способом. Механическая зачистка, применяемая при изготовлении обмоток обычных машин (из-за небольшого сечения проводов — 0,1 мм и менее), в данном случае неприемлема.

Для зачистки применяется насыщенный раствор хлористого цинка в дистиллированной воде. Рабочая температура раствора $110 \pm 5^\circ$.

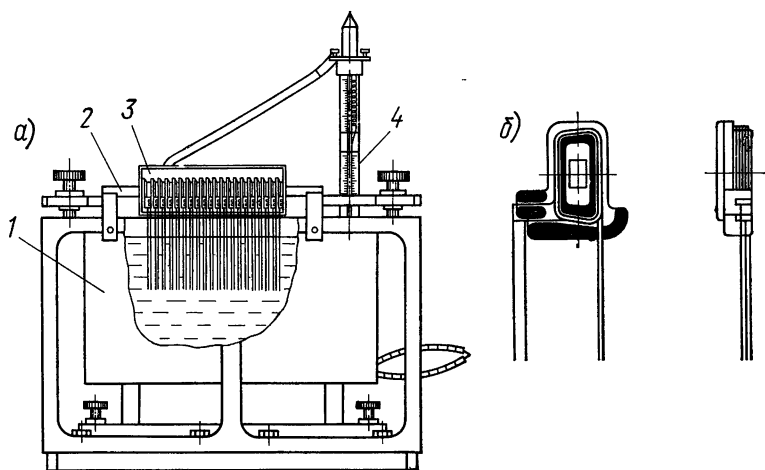


Рис. 14-1. Зачистка концов проводов катушек химическим способом:
а — общий вид ванны во время зачистки; б — шаблон с катушкой

Технологический процесс зачистки концов обмотки следующий. Катушку якоря надевают на пластмассовый шаблон и концы ее выводят в отверстие шаблона. Шаблоны с катушками надевают на шпильку 2 (рис. 14-1, а), вкладывают в защитный кожух 3 из оргстекла и концами шпильки устанавливают на края ванны 1, опустив концы катушек в раствор хлористого цинка. Ванна снабжена терморегулятором 4.

Время выдержки катушек в ванне зависит от диаметра провода. Для диаметра провода 0,1 мм оно составляет 15—20 мин.

Вынув катушки из ванны, в проточной горячей воде промывают их концы и осторожно вручную, не вытягивая провода, удаляют остатки изоляции.

Сняв защитный кожух и вторично промыв концы катушек в проточной горячей воде, производят сушку катушек на воздухе, не снимая с шаблонов (пластмассовый шаблон изображен на рис. 14-1, б). После зачистки концы катушек должны быть облужены не позднее чем через 24 ч.

При работе следует соблюдать правила техники безопасности. Установка для зачистки должна быть снабжена отсасывающей вентиляцией. В случае попадания горячего раствора на кожу во избежание ожогов его необходимо немедленно смыть водой.

§ 14-2. Подготовка сердечников к укладке обмоток

Лакировка листов сердечников. Покрытие поверхностей листов сердечников якорей и статоров лаком, производимое на многих заводах вручную кистью,— процесс исключительно трудоемкий. Можно получить высокую производительность труда на этой операции, применив лакирование собранных сердечников лаком марок 7-627 и ПЭ-933 в ультразвуковой ванне (принцип работы ультразвуковой ванны описан в гл. XVIII).

Сердечники, поступающие на лакировку, должны быть чистыми. Шейки валов и другие поверхности, не подлежащие лакировке, смазывают полиизобутиленом для предохранения от прилипания лака.

В ванну с лаком сердечники укладывают в горизонтальном положении и располагают над магнитостриктором.

После включения ультразвукового генератора сердечники в ванне выдерживают в течение 15—40 мин в зависимости от габаритов сердечников.

В результате колебаний раствора в ванне с ультразвуковой частотой лак хорошо проникает между листами сердечника, покрывая их тонкой пленкой.

После стекания излишков лака тампоном, смоченным в бензине, смывают с шеек вала защитную смазку.

Для получения лаковой пленки сердечник запекается в печи.

Изолирование пазов сердечников эпоксидной изоляцией [21]. Пазовая изоляция из слоистых и волокнистых материалов обладает рядом недостатков. К ним относятся невысокие теплопроводность, технологичность, механическая прочность ряда материалов, в результате чего на острых углах магнитопроводов могут быть надрывы, приводящие к пробое изоляции.

От этих недостатков свободна монолитная изоляция из эпоксидных порошков, наносимых в пазы сердечников методом напыления.

Существует несколько способов нанесения изоляционных покрытий методом напыления. Основным из них является вихревой способ напыления с применением псевдооживленного слоя.

При продувании газом слоя порошка (рис. 14-2) при определенной скорости газа частицы порошка оказываются во взвешенном состоянии, т. е. приобретают подвижность. Такое состояние называют *псевдооживлением*.

Во взвешенном состоянии на каждую частицу действуют сила тяжести и сила противодействия среды, зависящая от размера частиц, их плотности и в большей мере от скорости газа между частицами. Частицы могут находиться во взвешенном состоянии в том случае, если эти силы будут равны.

При уменьшении скорости газа уменьшится сила противодействия среды и частицы осядут, а при увеличении скорости прохождения газа эта сила может оказаться большей, чем сила тяжести, и частицы порошка могут быть выброшены из камеры.

Если внести в псевдоожиженный слой порошкообразного материала нагретую деталь, то под действием тепла к ее поверхности прилипнут частицы порошка, которые, сплавляясь, образуют покрытие.

В качестве материалов для напыления применяют отечественные эпоксидные порошки марок ЭП-49А, ЭП-49Д и ЭВН-1, приготовленные на основе смол марок Э-05, Э-41 и ЭД-6.

Технологический процесс напыления состоит из следующих операций:

- подготовки поверхности сердечников;
- создания псевдоожиженного слоя;
- защиты мест, не подлежащих напылению;
- напыления покрытий;
- освобождения от защитных слоев или приспособлений;
- термообработки покрытий.

Сердечники, подлежащие напылению, должны быть хорошо очищены от масла, окалины, пыли и грязи.

Для получения высоких электрических свойств напыленной

изоляции сердечники должны иметь качественную шихтовку (плотно спрессованы, без распушения, с закругленными углами на выходе из паза, без заусенцев).

Предварительный нагрев изделий перед напылением может быть произведен в электрических печах. Температура нагрева сердечника определяется температурой плавления порошка покрытия и должна быть равна или немного более ее. Для отечественных порошков эта температура колеблется в пределах 130—190°.

Места, не подлежащие покрытию, закрывают асбестовой бумагой, различными липкими лентами, промазывают кремнийорганической смазкой или закрывают приспособлениями.

Псевдоожижение и процесс напыления производятся в специальных установках. Ожижается порошок продувкой чистым воздухом, очищенным от масла и влаги.

Толщина напыленного слоя зависит от температуры детали и продолжительности нахождения ее в псевдоожиженном порошке.

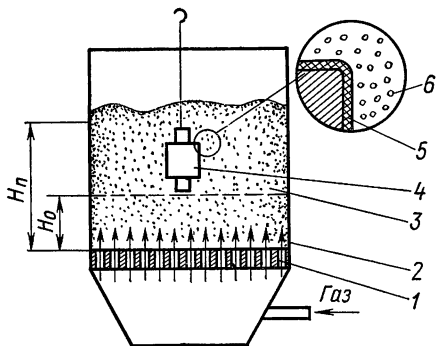


Рис. 14-2. Принципиальная схема напыления в вихревом аппарате:

1 — пористая перегородка; 2 — корпус; 3 — псевдоожиженный слой; 4 — напыляемая деталь; 5 — оплавленный слой частиц (покрытие); 6 — частицы порошка; H_0 — высота слоя порошка до псевдоожижения; $H_п$ — высота псевдоожиженного слоя

В зависимости от конструкции и габарита электрических машин толщина пазовой напыленной изоляции колеблется в пределах 0,2—0,5 мм с допуском $\pm 0,05$ мм.

Толщину такого слоя можно получить в течение 2—6 сек.

Термообработка напыленной изоляции заключается в нагреве изделий до температуры 150—200° (в зависимости от марки порошка) в электрических печах и выдержке при этой температуре в течение 2—6 ч. Нагрев изделий необходим для полимеризации напыленной изоляции.

Напыленные покрытия обладают рядом преимуществ в сравнении со слоистой пазовой изоляцией. Они имеют более высокие механические и электрические характеристики.

Напыленная изоляция плотно прилегает ко всем сторонам паза, в то же время между пазовыми гильзами могут быть воздушные прослойки. Это обстоятельство позволяет увеличить коэффициент заполнения паза и этим увеличить мощность электрической машины при тех же габаритах.

Напыленная изоляция более теплопроводна, лучше противостоит действию влаги, пыли, кратковременным тепловым перегрузкам.

При укладке обмотки исключается возможность ее повреждения об острые углы сердечника, так как их нет, они закрыты напыленной изоляцией.

Напыленная изоляция позволяет повысить производительность труда при ручной обмотке и увеличить скорость станков при машинной укладке обмотки.

Процесс нанесения эпоксидной изоляции может быть легко автоматизирован.

§ 14-3. Укладка обмоток якорей

Схемы укладки. В якорях с диаметром пакета до 80 мм обмотку чаще укладывают непосредственно в пазы сердечника проводом, сматываемым прямо с катушки. Перед укладкой пазы сердечника изолируют ленточной изоляцией или методом напыления.

При изолировании лентой изоляционный материал на пазовые гильзы предварительно не разрезается, а лента, кроме пазов, охватывает зубцы сердечника. Это делается для предохранения от попадания проводов между пазовой изоляцией и стенкой паза при укладке обмотки.

Обмотав якорь, изоляцию на зубцах разрезают, а края ее заправляют в паз сердечника.

Кроме изолировки пазов перед укладкой обмотки на торцы пакета ставят крайние листы из изоляционного материала (электротехнического картона, текстолита и др.), а шейки вала, к которым будет прилегать обмотка, изолируют лентой.

Обмотку якоря непрерывным проводом можно производить вручную или на обмоточных станках.

Укладка обмотки из непрерывного провода отличается от укладки всыпных обмоток, намотанных предварительно на шаблоны.

При двухслойных обмотках в пазы якоря вначале укладывают нижние стороны катушек, намотанных на шаблоны, а затем верхние.

При обмотке якоря непрерывным проводом обе стороны первых катушек укладывают непосредственно на дно паза. Обмотку ведут одним проводом.

Для получения симметричного расположения проводов в лобовых частях якоря применяют специальные схемы намотки в «елочку» и двуххордовую [4].

При обмотке в «елочку» (рис. 14-3, а), например, якоря с десятью пазами, шагом по пазам, равным четырем, с одной секционной стороны в катушке из десяти витков в секции и двадцатью проводами в пазу, проводники укладывают в следующей последовательности.

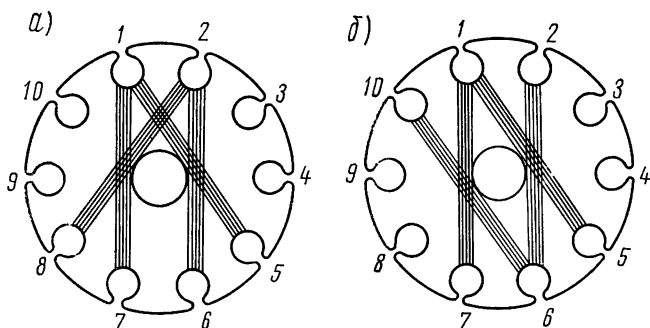


Рис. 14-3. Схема обмоток якорей микродвигателей:

а — в елочку; б — двуххордовая обмотка

Из паза начала намотки равным количеством витков каждую катушку укладывают в два паза сердечника, отстоящих на шаг. Из паза 1 наматывают каждый раз по пяти витков в пазы 5 и 7, далее из паза 2 — в пазы 6 и 8, из паза 3 — в пазы 7 и 9 и т. д. Последними укладываются катушка из паза 10 в пазы 4 и 6, после чего во всех пазах будет по двадцати проводов, а в лобовых частях проводники располагают симметрично.

При обмотке двуххордовой (рис. 14-3, б) тот же якорь обматывается в такой последовательности. Первые две хорды образуются при намотке по пяти витков из паза 1 в паз 5 и из паза 10 в паз 6, следующие две хорды наматывают из паза 1 в паз 7 и из паза 2 в паз 6 и т. д.

В процессе намотки по обеим схемам, намотав катушку, отрезают провод от бухты и на начало каждой катушки надевают бирку с обозначением 1Н, 2Н, 3Н и т. д., а концы катушек — 1К, 2К, 3К и т. д.

По окончании обмотки якоря на вал насаживается коллектор, конец каждой катушки и начало последующей зачищают и, соединенные вместе, их вкладывают в шлиц коллекторной пластины и запаивают.

Станки для обмотки якорей. В зависимости от размеров якоря, диаметра провода и схемы обмотки для обматывания якорей применяют различные типы обмоточных станков, имеющих различные движения рабочих органов.

На рис. 14-4 показан станок для обмотки якорей микродвигателей проводом до 0,5 мм [1].

Обматываемый якорь 2 устанавливают в центра 4. В паз якоря вводят конец провода и закрепляют его за вал. На счетчике 1 устанавливают число оборотов, равное числу витков в секции, и включают станок. Якорь вместе с планшайбой 3 начинает вращаться со скоростью 500—1000 об/мин. С катушки 6, установленной на стойке 7, обмоточный провод, проходя через ролики 5, укладывается в пазы якоря. Провод направляется крыльями 8, вращающимися вместе с якорем. Наматыв одну секцию, станок автоматически останавливается. Специальным устройством 9 зацепляется один виток провода и вытягивается в виде петли, затем якорь поворачивается на одно пазовое деление и процесс обмотки повторяется до тех пор, пока якорь не будет полностью обмотан.

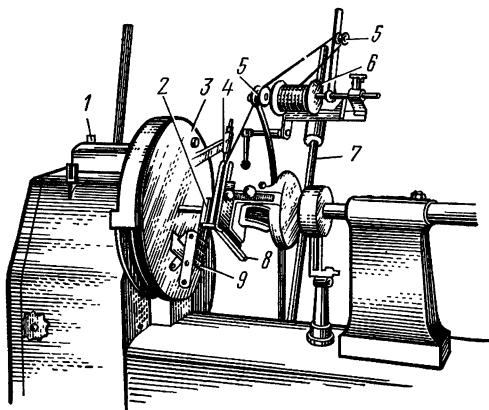


Рис. 14-4. Станок для обмотки якорей

ГЛАВА XV

ПРОПИТКА И СУШКА ОБМОТОК

§ 15-1. Назначение пропитки

В процессе изготовления и после укладки в пазы статоров, роторов и якорей обмотки пропитываются лаками или компаундами с последующей сушкой.

В результате пропитки и сушки улучшаются следующие свойства электрической изоляции:

- 1) повышается нагревостойкость;
- 2) улучшается теплопроводность обмоток за счет уменьшения воздушных прослоек между проводниками и стенками паза сердечника;
- 3) повышается влагостойкость изоляции, особенно волокнистой, из-за уменьшения гигроскопичности в результате заполнения пор и создания лаковой пленки, препятствующей проникновению влаги внутрь обмотки;

4) повышается электрическая прочность изоляции, так как электрическая прочность пропиточных материалов выше электрической прочности воздуха, находящегося между волокнами непропитанных материалов;

5) повышается механическая прочность изоляции, так как пропитанная обмотка имеет хорошо сцементированные витки, плотно и прочно сидящие в пазах сердечников. Благодаря этому предотвращается перемещение проводников в результате вибрации и связанное с этим повреждение изоляции от истирания.

Наружные поверхности обмоток после сушки окрашивают покровными эмалями и лаками. Образующаяся в результате этого твердая и гладкая пленка толщиной 50—60 мкм хорошо защищает изоляцию от влаги, смазочных масел и скапливания пыли.

§ 15-2. Методы пропитки

Для пропитки обмоток пользуются следующими методами:

- 1) погружением в лак;
- 2) на стендах с нижней подачей лака;
- 3) струйным поливом;
- 4) компаундированием;
- 5) вакуумно-нагнетательным способом.

Выбирают метод пропитки в зависимости от типа лака и конструкции обмоток.

Метод пропитки погружением. Этот метод является наиболее распространенным способом пропитки лаками, содержащими растворитель, как отдельных катушек, так и обмоток, уложенных в пазы сердечников. Для лучшего проникновения лака в обмотки, уложенные в пазы сердечников, последние перед погружением в лак нагревают до температуры 60—70°.

Перед пропиткой водноэмульсионным лаком ПФЛ-86 нагревать сердечники не следует во избежание распада эмульсии.

Режим пропитки зависит от назначения электрической машины, конструкции обмоток и типа лака. Так, количество пропиток бывает от одной и более, а время выдержки обмотки в лаке колеблется от нескольких секунд до одного часа.

Время выдержки обмоток в лаке при первой пропитке (15 мин — 1 ч) значительно больше, чем при последующих погружениях, так как при первом погружении происходит основное заполнение пор и воздушных прослоек в изоляции.

При любой пропитке обмотка должна находиться в лаке до прекращения выделения пузырьков воздуха.

Для лучшего проникновения лака в обмотку у погружаемых в бак с лаком изделий пазы сердечников должны быть расположены вертикально или под небольшим углом. Якорь электрической машины погружают в лак коллектором вверх.

Во время пропитки обычно бывает сложно защищать концы валов, посадочные поверхности статоров и шайб якорей, поэтому

сразу после пропитки лак с этих поверхностей удаляют, протирая посадочные поверхности хлопчатобумажными салфетками, смоченными в растворителе.

В пропиточном отделении должен быть установлен жесткий контроль за составом и чистотой лака. Пропиточные ванны и котлы необходимо периодически очищать от остатков лака, а погружаемые в лак изделия перед пропиткой обязательно продувать чистым сжатым воздухом для удаления с них пыли и грязи. Ежедневно и после каждого разведения проверяют вязкость лака, а через два-три дня — содержание основы лака.

При обычном методе пропитки на удаления растворителей в процессе сушки затрачивается значительное время — 10—12 ч.

Для ускорения процесса пропитки и последующей за ним сушки за рубежом был разработан новый метод пропитки. Сущность этого метода заключается в том, что изделие, подлежащее пропитке, нагревают до температуры, несколько превышающей температуру кипения растворителя, а затем погружают на 10—20 сек в ванну с лаком, имеющим температуру цеха. У слоев лака, соприкасающихся с якорем, нагретым до температуры 160°, резко снижается вязкость, в результате чего лак лучше проникает в поры обмотки и при этом большая часть растворителя испаряется из обмотки.

Время сушки после пропитки для удаления оставшегося растворителя сокращается таким образом до 1—2 ч.

Метод пропитки погружением имеет ряд недостатков. Целью операции является пропитка изоляции обмоток и пазов сердечника, а в лак приходится погружать сердечник целиком. В результате этого увеличивается расход лака за счет покрытия им металлических деталей. К тому же этот лак приходится с посадочных поверхностей смывать вручную.

На наружной поверхности статора образуется лаковая пленка, которую очень трудно смыть, при окраске по ней качество покрытия получается невысоким.

✓ После пропитки в течение 20—30 мин с изделий на поддоны стекает лак.

Выделяемые в это время пары растворителей, а также испарения с поверхности лака пропиточных ванн приводят к загазованности пропиточно-сушильных отделений.

При определенной концентрации паров растворителей пропиточное отделение становится взрыво- и пожароопасным и вредным для здоровья находящихся в нем работников. Исключение составляют пропиточные отделения с водноэмульсионными лаками.

Метод пропитки с нижней подачей лака. Изделия, подлежащие пропитке, устанавливают на специальные стенды (рис. 15-3; описание см. § 15-4). К стендам снизу подведен лакопровод, через который внутрь статора или в бачок для ротора подается пропиточный состав.

При данном методе пропитки в сравнении с пропиткой погружением сокращается расход лака, так как в процессе пропитки лак покрывает главным образом пропитываемые обмотки и поэтому

излишне не расходуется; меньше загрязняется пропиточный состав, так как с наружной поверхностью статоров, которая не всегда бывает чистой, лак не соприкасается; замывать приходится у статоров только одну посадочную поверхность, а у роторов и якорей — конец вала, который при пропитке находился внизу бачка.

Резкое уменьшение загазованности, отсутствие больших масс лака в открытых емкостях создает благоприятные условия для работы в пропиточных отделениях и делает их менее опасными в пожарном отношении.

Метод пропитки на стендах имеет и недостатки:

меньшая производительность, чем при пропитке погружением; необходимость выполнения дополнительных работ — замазывание замазкой или закрытие крышками отверстий в статоре для предохранения от вытекания лака при пропитке.

Метод пропитки на стендах с нижней подачей лака рационален в условиях индивидуального и мелкосерийного производства.

Метод пропитки струйным поливом. Применение для пропитки обмоток лаков типа КП, разработанных ВНИИЭМ, позволяет по-новому подойти к процессу пропитки и сушки. Лак типа КП — лак без растворителя.

Институтом ВНИИТЭЛЕКТРОПРОМ для пропитки статоров единой серии 1—5-го габаритов создан новый метод пропитки струйным поливом в сочетании с индукционным нагревом для сушки [4].

Метод пропитки струйным поливом заключается в следующем. Статор, обмотка которого подлежит пропитке, устанавливают вертикально (на одну из горловин). На верхнюю лобовую часть его поливается лак. Проникающий в обмотку лак хорошо заполняет имеющиеся в ней промежутки и поры, вытесняя находящийся там воздух.

Изделия, пропитанные в лаках типа КП, при нагревании быстро высыхают. Применяемый для этого индукционный способ нагрева позволяет разогреть пропитанные статоры асинхронных электродвигателей 1—5-го габаритов до необходимой температуры 160—170° за 6—10 мин.

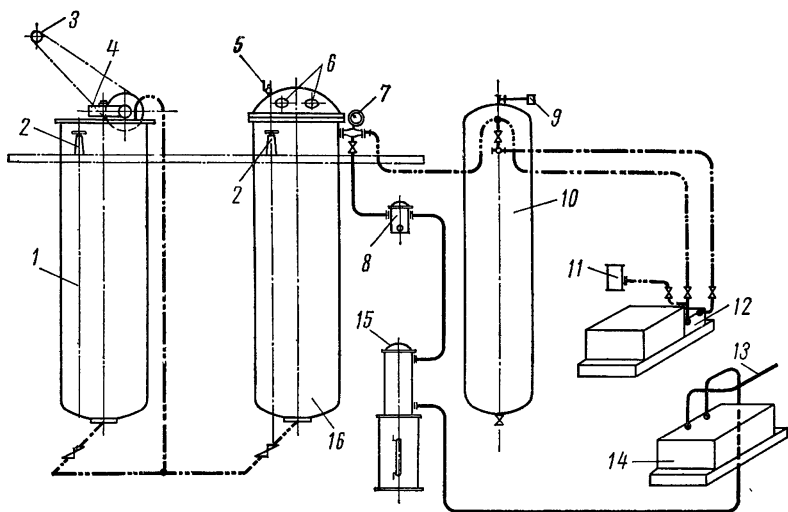
Небольшое время полимеризации лака позволяет не выдерживать изделия при этой температуре, так как лак успевает полимеризоваться за время остывания статора.

Качество пропитки лаками типа КП обычно высокое, обмотка монолитна, хорошо цементирована. При испытании на тепловое старение статоры, пропитанные лаками типа КП, выдерживают большее количество пробных циклов до выхода из строя, чем статоры, пропитанные лаком № 447.

Компаундирование обмоток. Компаундирование обмоток в битумных компаундах — процесс, несколько отличный от пропитки обмоток в лаках.

Компаундированию подвергаются полюсные катушки с изоляцией класса А и катушки статоров высоковольтных электрических машин и машин, работающих на воздухе в условиях с высокой

Процесс компаундирования осуществляется в автоклавных установках (рис. 15-1). Рассмотрим процесс на примере компаундирования полюсных катушек.



— — — — — массопровод; — · — — — — воздушная сеть;
— — — — — вакуумная сеть

Битумный компаунд подается в автоклав из смесительного котла 1 при открытии кранов 2.

При перемешивании не происходит осаждения твердых частиц битума на дно бака и создаются условия для одинакового нагрева всей массы. Нагревается масса за счет передачи тепла от масла, имеющего температуру $195 \div 200^\circ$ и циркулирующего между двойными стенками автоклава и котла.

Для того чтобы масса не охлаждалась в массопроводе, он окружен защитной рубашкой. Между рубашкой и массопроводом тоже циркулирует нагретое масло.

Разрежение в автоклаве создается при помощи вакуум-насоса 14, а давление — компрессором 12.

Отсасываемый насосом воздух, проходя через маслоуловитель 8 и конденсатор 15, очищается от загрязнения битумной массой и выбрасывается в атмосферу через трубу 13.

Для очистки от пыли и влаги забираемого компрессором воздуха служит фильтр 11.

Подача воздуха в автоклав может производиться непосредственно от компрессора или через воздушный резервуар 10, при этом ускоряется поднятие в автоклаве давления.

Резервуар 10 оборудован предохранительным клапаном 9, который автоматически открывается в случае превышения давления.

Операция компаундирования начинается с загрузки катушек в люльку автоклава. Катушки в нее укладываются таким образом, чтобы ко всем поверхностям их был обеспечен свободный доступ компаундной массы. Для этого между слоями катушек прокладывают стальные прутья диаметром 10—15 мм, в результате чего создается необходимый зазор между ними.

Загрузив катушки в автоклав, крышку котла плотно не закрывают и производят сушку катушек в течение 6 ч при атмосферном давлении.

Далее в течение 2 ч сушка продолжается под вакуумом. Для этого крышку котла плотно затягивают болтами и из автоклава вакуум-насосом откачивается воздух до остаточного давления 160 мм рт. ст.

Пуск компаунда из мешалки в автоклав производится при вакууме, битумная же масса должна быть хорошо перемешана и иметь температуру 175—185°.

Заполнив автоклав массой и открыв кран 5 для сообщения с атмосферой, катушки в автоклаве выдерживают в течение 1 ч.

Затем создается возможный больший вакуум (остаточное давление не более 15—20 мм рт. ст.), который поддерживается в течение 15 мин, далее в течение 15 мин в автоклаве создается давление 6—7 атм.

Процесс вакуум — давление чередуется четыре раза. В процессе давления производится гидростатическая опрессовка изоляции и одновременная пропитка ее, при этом уровень битумной массы в котле может понизиться. Необходимо следить за тем, чтобы масса полностью покрывала верхний слой катушек не менее чем на 50 мм.

Закончив чередование процесса вакуум — давление, катушки в автоклаве в течение 5 ч пропитывают под давлением 6—7 атм.

По окончании пропитки компаундная масса из автоклава выпускается в мешалку, массопровод продувается воздухом, открывается крышка автоклава и при атмосферном давлении в течение 1 ч с катушек стекают излишки массы.

Вынутые из автоклава катушки должны иметь температуру не ниже 50° и с них немедленно должна быть снята временная киперная лента, которой их покрывали перед компаундированием. При более низкой температуре компаунд твердеет и ленту снять с катушек трудно.

Качество пропитки катушек обеспечивается соблюдением предписанного технологического процесса. Изоляция катушек не должна иметь повреждений и наплывов, что контролируется внешним осмотром. Пропитка катушек должна быть сквозной. Проверка качества пропитки производится работниками ОТК периодически, но не реже одного раза в месяц, путем вскрытия нескольких катушек от разных партий.

При пропитке компаундной массой статорных высоковольтных катушек режим по времени выполнения отдельных операций может быть несколько иным, существо же процесса остается неизменным.

Вакуумно-нагнетательный способ пропитки. Пропитка катушек возбуждения в кремнийорганическом лаке. Пропитка катушек главных полюсов с параллельной обмоткой, имеющих большое количество витков, методом погружения затруднительна.

Еще большее затруднение для проникновения лака создают детали шаблона, на котором, например, пропитываются в кремнийорганическом лаке К-47к катушки с изоляцией класса Н. Поэтому такие катушки пропитываются вакуумно-нагнетательным способом.

Установка для пропитки таким способом состоит из автоклава, бака с лаком, вакуум-насоса и компрессора.

Последовательность процесса следующая: сушка катушек перед пропиткой в печи; охлаждение на воздухе до температуры 70—80°; сушка катушек под вакуумом в автоклаве; пропитка лаком под давлением 6—8 атм; стекание с катушек излишков лака; продувка катушек в автоклаве воздухом при помощи вакуум-насоса при открытой крышке автоклава; сушка катушек в печи.

Пропитка катушек с изоляцией типа «монолит». Рассмотрим технологический процесс изготовления катушек с изоляцией типа «монолит» на примере изготовления моноблоков дополнительного полюса (см. рис. 9-10).

До операции пропитки моноблоков технологический процесс изготовления катушек с изоляцией типа «монолит» аналогичен процессу изготовления полюсных катушек из шинной меди «на ребро», за исключением операции пропитки витковой изоляции, которая совмещена с операцией пропитки моноблоков.

Перед пропиткой производят изолирование сердечников полюса и сборку моноблоков.

Сердечники полюсов, предварительно обезжиренные протиркой хлопчатобумажными салфетками, смоченными в бензине, закрепляют в тисках, вручную плотно обертывают изоляцией и туго утягивают лентой.

На подготовленный таким образом сердечник плотно под некоторым усилием насаживается катушка.

Установка для пропитки моноблоков вакуумно-нагнетательным способом состоит из автоклава с масляным обогревом; аппарата для приготовления компаунда, имеющего масляный обогрев и мешалку; аппарата для разогрева отвердителя с масляным обогревом и мешалкой; вакуумного насоса; компрессора; печи электрической; пропиточного бака, помещенного в автоклаве. Пропитываются изделия в баке, а не непосредственно в автоклаве, потому что выемной бак легче периодически вычищать от остатков налипшей смолы, чем стационарный автоклав.

Пропитка моноблоков производится в эпоксидном компаунде, приготовляемом смешением смолы Арольдит F с отвердителем МТ-907.

Отвесив необходимое количество смолы и отвердителя (в соотношении 100 : 80 весовых частей), смолу загружают в аппарат для приготовления компаунда, а отвердитель в аппарат для расплавления.

В обоих аппаратах составные части компаунда нагреваются при перемешивании до температуры 50—55°, а затем по трубопроводу отвердитель подается в аппарат для приготовления компаунда, в котором смешивается со смолой. Приготовленный компаунд в аппарате нагревается до температуры 60°. В связи с этим пропитываемые моноблоки, пропиточный бак и автоклав должны иметь такую же или близкую к этой температуру.

При соприкосновении с холодными катушками и баком компаунд загустеет и потеряет жидкотекучесть, пропитки в этом случае не произойдет.

Перед впуском компаунда автоклав с пропиточным баком разогревается до температуры $60 \pm 5^\circ$. Катушки специально не нагревают. Перед пропиткой их сушат в печи при температуре 110—130° в течение 6 ч, после чего охлаждают до температуры 55—60°, укладывают в контейнер незакрашенной стороной вверх и загружают в бак.

Между сердечником полюсов прокладывают металлические рейки толщиной 3 мм, предохраняющие катушки от слипания.

Загруженные в бак автоклава моноблоки при температуре 60° сушатся в течение 2 ч в условиях вакуума (остаточное давление 0,5 мм рт. ст.). Затем пропиточный бак в условиях вакуума заполняется компаундом, далее вакуум снимают и в автоклаве создается давление 5—6 атм, которое выдерживается в течение 1 ч.

После пропитки давление в автоклаве понижается до 0,5 атм избыточного, кран открывают и по трубопроводу компаунд перегоняется в аппарат, в котором он был приготовлен.

Открыв крышку автоклава, в течение 10 мин с моноблоков стекают излишки лака, затем производится их запечка в печи при температуре 140—150° в течение 20 ч.

Завершают изготовление моноблоков операции: зачистка выводных пластин, прогонка резьбы метчиком, окраска катушек эмалью и контроль.

§ 15-3. Сушка обмоток

Назначение и общие вопросы сушки. Перед пропиткой и после ее обмотки подвергают сушке. Сушка перед пропиткой необходима для удаления влаги из пор изоляции, препятствующей проникновению лака.

Обмотки с влагостойкими изоляционными материалами (эмаль-провода, провода со стекловолоконистой изоляцией, пазовая изоляция из стекловолокна) перед пропиткой сушке не подвергают.

Нет необходимости сушить обмотки перед пропиткой их в водно-эмульсионном лаке.

Сушка обмоток после пропитки предназначена для удаления растворителей и запекания лаковой пленки.

✓ Для сушки обмотки помещают в специальные сушильные печи. Время сушки изделий перед пропиткой и после каждой пропитки зависит от материала изоляции обмоток, применяемых для пропитки лаков, способа сушки, а также температуры, при которой она происходит.

Установлено, что с увеличением температуры сушки ускоряется выделение растворителя и влаги из обмоток. Однако с повышением температуры быстрее старится изоляция. Поэтому температура сушки обмоток не может быть произвольной, допустимая наибольшая величина ее определяется классом нагревостойкости изоляции.

При прочих равных условиях на время сушки оказывают влияние габариты изделий, подвергаемых сушке, и способы их укладки в печи. Изделия с большей массой для своего разогрева требуют больше времени; при хорошем омывании изделий горячим воздухом время сушки сокращается. Вот почему одновременно в печи не следует сушить, например, якоря малых и больших величин. Укладывать изделия для сушки в печи следует с учетом хорошего доступа воздуха к каждому изделию.

При загрузке в печь изделий, имеющих температуру цеха, температура в нем понижается, поэтому отсчет времени сушки, указываемого в заводских инструкциях, следует вести с момента достижения в печи заданной температуры.

Процесс сушки после пропитки разделяется на две стадии: удаление паров растворителя и запекание лаковой пленки.

У большинства пропиточных составов удаление растворителей происходит в процессе разогрева до температуры сушки.

Кремнийорганические лаки требуют ступенчатой температуры сушки: $110 \div 130^\circ$ для удаления растворителя и $180 \div 190^\circ$ для запечки пленки лака.

✓ Качество пропитки и сушки обмоток проверяют по величине сопротивления изоляции, которая должна соответствовать величине, указанной в технологической инструкции.

Практикой электромашиностроения для каждого вида и класса нагревостойкости пропиточного лака для обмоток с изоляцией выработаны определенные температуры сушки:

для класса А	температура	105—130°	
»	»	Е	» 120—140°
»	»	В	» 120—150°
»	»	Ф	» 120—180°
»	»	Н	» 110—130° — первая ступень
			180—220° — вторая »

Некоторое превышение температуры сушки обмоток над предельно допустимой при работе в длительных условиях, указанной в ГОСТ 8865—58 для каждого класса изоляции, не оказывает существенного влияния на старение изоляции, так как воздействие этой температуры непродолжительно по времени.

Способы сушки. Для осуществления процесса сушки обмотки необходимо нагреть.

Применяются следующие способы нагрева обмоток электрических машин:

- 1) конвекционный;
- 2) терморadiaционный;
- 3) индукционный, токами высокой или промышленной частоты;
- 4) токовый (пропускание по обмотке тока).

Конвекционная сушка производится в специальных печах. Тепло подвергающимся сушке изделиям передается циркулирующим в печи нагретым воздухом. Воздух же нагревается при прохождении через калорифер печи.

При конвекционном способе разогрев изделий происходит с поверхности, образуемая при этом пленка препятствует испарению из-под нее растворителей. Такой метод сушки является самым длительным.

Терморadiaционный способ сушки заключается в нагреве изделий инфракрасными лучами. Генераторами лучей служат специальные электрические лампы, трубчатые электронагревательные элементы, специальные металлические панели. Нагретые до температуры 300—450° панели и трубчатые электронагревательные элементы начинают излучать инфракрасные лучи.

Терморadiaционная сушка эффективней сушки конвекционным способом, так как разогрев пропиточного состава происходит снизу от металлических частей, нагреваемых инфракрасными лучами, благодаря чему создаются благоприятные условия для удаления растворителя и образования сквозной пропитки.

Время сушки якорей, пропитанных масляно-битумным лаком, при инфракрасном нагреве сокращается в сравнении с конвекционной сушкой в пять-шесть раз, а удельный расход электроэнергии — в два раза [22].

При индукционном способе сушки для нагрева изделий используют явления магнитной индукции. Изделия помещают в специальный индуктор, конфигурация которого соответствует форме и размерам этих изделий. Индукторы подключают к генераторам для питания токами высокой частоты (ТВЧ) или токами промышленной (нормальной) частоты (ТНЧ).

Под воздействием переменного магнитного поля в изделии наводятся индукционные токи, которые и нагревают его.

При токовой сушке через обмотку ротора, статора или якоря пропускается электрический ток, который и служит причиной нагрева изделий.

Для нагрева изделий предпочтительнее переменный ток, т. к. при прохождении его, кроме нагрева проводников за счет активных потерь, стальные детали машины нагреваются за счет потоков рассеивания.

При индукционной и токовой сушках, как и при терморadiационной сушке, создаются благоприятные условия для удаления паров растворителя, так как вначале нагревается металл изделий.

§ 15-4. Пропиточно-сушильные отделения

Пропитка и сушка обмоток электрических машин на различных стадиях производства из-за специфики технологического процесса осуществляются в специальных сушильно-пропиточных отделениях, располагаемых чаще всего в отдельных помещениях.

Оборудование сушильно-пропиточного отделения состоит из:

1. Пропиточных ванн, автоклавов и сушильных печей, в которых производится процесс пропитки и сушки.

2. Подъемно-транспортных средств и вспомогательных устройств, необходимых для правильного и бесперебойного функционирования отделения (емкости для хранения лака, фильтры и насосы для его перекачки, вентиляционные устройства, распределительная и контрольно-измерительная аппаратура).

Конструкция ванн и печей зависит от веса и габарита изделий, вида пропиточных лаков, способов нагрева, типа производства. Поэтому оборудование пропиточно-сушильных отделений отличается большим конструктивным разнообразием.

В зависимости от типа производства сушильно-пропиточные отделения механизированы в большей или меньшей степени.

Наименее механизированными являются отделения на заводах и в цехах с мелкосерийным типом производства. Для пропитки изделий в них служат емкости с лаком, а для сушки — отдельно стоящие тупиковые печи или блок из нескольких печей. Все транспортные операции, в том числе погружение изделий в бак с лаком, загрузка и разгрузка выдвижных тележек сушильных печей, осуществляются с помощью кран-балки, управляемой с пола рабочим.

Наиболее совершенными и полностью механизированными являются конвейерные сушильно-пропиточные отделения заводов крупносерийного и массового производства.

Оборудование сушильно-пропиточных отделений не стандартизировано, оно проектируется и изготавливается самими электромашиностроительными предприятиями.

Ниже приводятся конструкции некоторого оборудования сушильно-пропиточных отделений.

Ванна для пропитки (механизированная) служит для пропитки обмоток электрических машин (рис. 15-2). Она состоит из шкафа 1, сваренного из уголков и обшитого листовой сталью. Спереди шкафа имеются двухстворчатые дверцы для загрузки катушек обмоток на сетчатый поддон 3 для пропитки и снятия с поддона их после пропитки.

На верхней стороне шкафа смонтирован двухбарабанный подъемный механизм 2 для опускания в ванну 4 с лаком и подъема из нее поддона с катушками.

Поддоны выполнены съемными, а ванна 4 может выдвигаться в приемок. Шкаф оборудован вытяжной вентиляцией (на чертеже не показана).

Установка с нижней подачей лака (рис. 15-3) предназначена для пропитки роторов и статоров. Подлежащие пропитке статоры устанавливают на стенд 12, а роторы — на стенд 15.

На стенд одновременно устанавливается по четыре ротора и статора.

Рабочий объем пропиточного лака находится в резервуаре 17, установленном на фундаменте 18 на двух подставках 16.

Резервуар соединен лакопроводами с пропиточными стендами и лакохранилищем, находящимся в отдельном помещении, из которого в резервуар 17 насосом 1 подается лак по мере его расхода.

Подача лака к пропиточным стендам из резервуара осуществляется за счет давления сжатого

воздуха на зеркало лака в резервуаре. Воздух подается из заводской магистрали в верхнюю часть резервуара при открытии крана 4.

Для очистки воздуха от масла и влаги служат отстойник 7 и фильтр 6. Величина давления устанавливается регулятором давления 9 в пределах 4—5 атм. При избыточном давлении в резервуаре автоматически открывается клапан и давление падает до установленного.

Лак в резервуаре периодически перемешивается сжатым воздухом при открытии крана 3.

На случай очистки фильтра и отстойника магистраль перекрывается краном 8. Краны 2, открываемые и закрываемые поворотом стержней 13, служат для впуска лака в стенд и перекрытия магистрали по заполнении стенда.

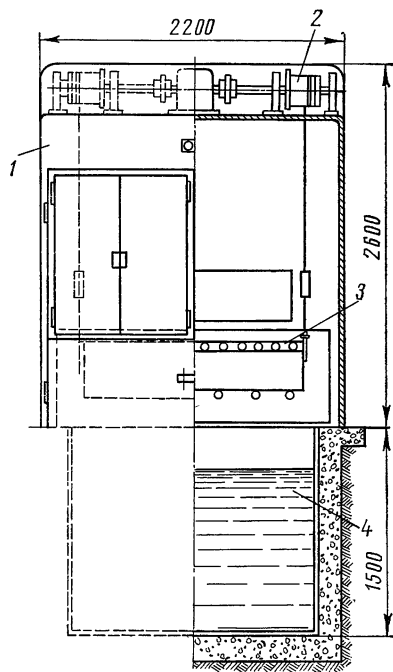


Рис. 15-2. Ванна для пропитки катушек обмоток

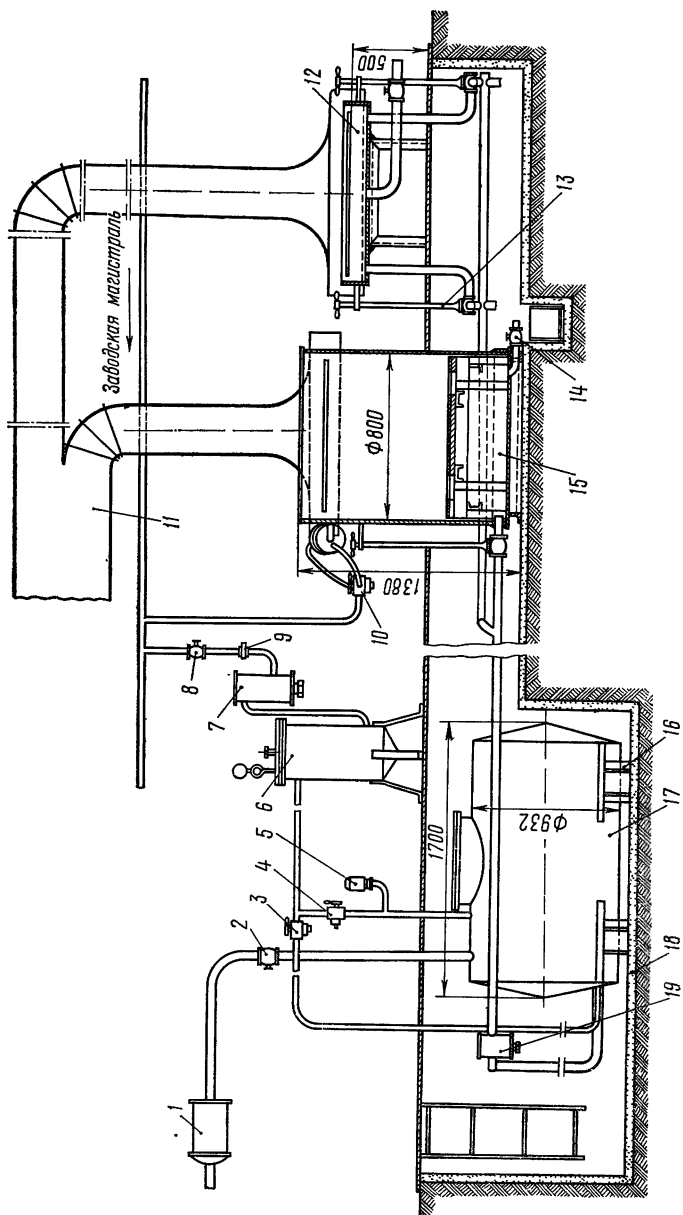


Рис. 15-3. Схема установки с нижней подачи лака для пропитки роторов и статоров АОЛ2 2-го габарита

Для спуска лака из стендов необходимо кран 4 переключить поворотом рукоятки для выпуска сжатого воздуха из резервуара и открыть у стендов краны 2.

В магистрали подачи лака к стендам имеется отстойник 19, на дно которого осаждаются тяжелые частицы, загрязняющие лак.

Для слива грязи из стендов имеются отдельные магистрали, открываемые кранами 14.

Установка оборудована вентиляцией 11 с бортовым отсосом паров растворителей от стендов.

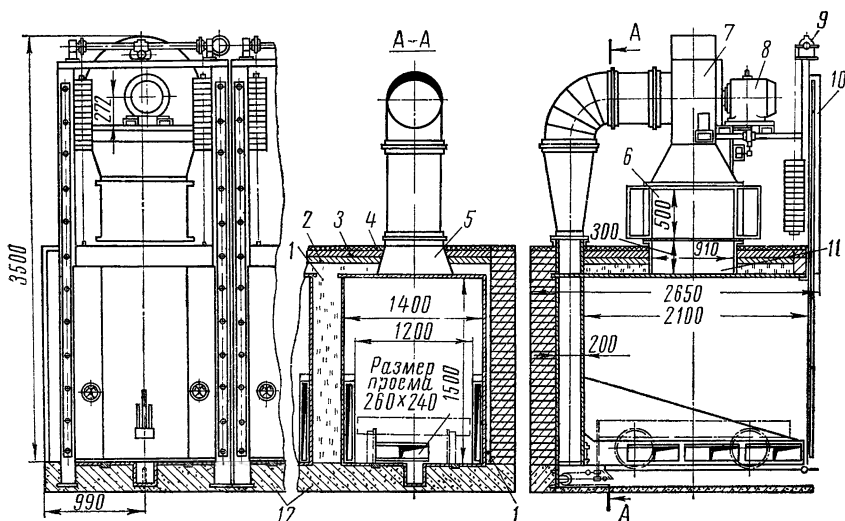


Рис. 15-4. Печь с тупиковой камерой для сушки изделий:

1 — шлаковата; 2 — пеношамотный кирпич; 3 — диатомитовый кирпич; 4 — цементный слой толщиной 20 мм; 5 — короб соединительный; 6 — электрокалорифер с трубчатыми электронагревателями; 7 — вентилятор; 8 — электродвигатель; 9 — механизм подъема дверей; 10 — дверцы камеры; 11 — патрубок калорифера. 12 — бетон

Крышка пропиточного стенда 15 открывается и закрывается пневмоцилиндром, включаемым краном 10.

Сушильная печь с тупиковой камерой и электрообогревом (рис. 15-4) предназначена для сушки роторов, статоров и якорей до и после пропитки. В ней также может производиться сушка изделий после окраски.

Печи такой конструкции широко распространены на электромашиностроительных заводах для сушки изделий методом конвекционного нагрева.

Печь, показанная на рисунке, обогревается воздухом, проходящим через трубчатый электрокалорифер. Она рассчитана на температуру 200° для сушки изделий, пропитываемых кремнийорганическим лаком.

Если установить вместо электрокалорифера парокалорифер, то печь будет иметь более низкие температуры, при которых производится сушка изделий с изоляцией класса А, а также после окраски.

Воздух, прогоняемый через калорифер вентилятором, находящимся внутри воздухопровода, нагревается. При дальнейшем движении, омывая изделия, находящиеся в печи на тележке, он отдает им свое тепло. Охлажденный воздух засасывается тем же вентилятором в циркуляционный воздухопровод через всасывающие окна, расположенные по нижнему периметру камеры.

Сушильная печь является высокомеханизированной и автоматизированной установкой. Температурный режим в ней поддерживается автоматически. Также автоматически открываются и закрываются заслонки в окнах воздухопровода для выброса отработанного воздуха.

В первый период сушки, когда происходит наиболее интенсивное выделение паров влаги или растворителя, заслонка поворачивается на наибольший угол. При дальнейшей сушке величина открытия заслонок уменьшается, а затем, во второй период сушки, когда происходит запечка лака, заслонка закрывается. Печь в это время работает без выброса воздуха, т. е. в режиме рециркуляции.

Нажатием кнопок производят включение автоматического закрытия и открывания дверей и передвижение тележки с изделиями из печи и в печь.

§ 15-5. Механизация и автоматизация пропиточно-сушильных работ

Механизация пропитки и сушки. Пропитка обмоток в лаках с растворителями, несмотря на длительность процесса, пока еще в промышленности находит самое широкое распространение.

Механизация процессов пропитки и сушки является важнейшим средством повышения производительности труда и создания благоприятных условий работы персоналу сушильно-пропиточных отделений.

Одно из таких механизированных пропиточно-сушильных отделений конвейерного типа приведено на рис. 15-5.

Отделение предназначено для пропитки обмоток статоров и фазных роторов крановых электродвигателей переменного тока серии МТ 1—4-го габаритов в водноэмульсионном лаке, с последующей сушкой в паровой печи с конвекционным методом нагрева пропитанных изделий.

Пропиточно-сушильный агрегат состоит из ванны для пропитки, сушильной печи и подвешного конвейера.

Статоры и фазные роторы на пропитку в отделение транспортируются с обмоточного участка подвесным конвейером. В зоне загрузки изделия перевешиваются на подвесной конвейер пропиточно-сушильного агрегата, непрерывно перемещающегося со скоростью 0,282 м/мин.

В процессе движения конвейера подвешенные на нем изделия проходят через пропиточную ванну с водноэмульсионным лаком, а по вы-

ходе из нее (после стекания излишков лака) у статоров и роторов замыкают посадочные поверхности салфетками, смоченными в смеси ОП-10 и уайт-спирита; далее изделия попадают в сушильную печь и после сушки в ней возвращаются к месту загрузки. Цикл пропитки — сушки повторяется дважды, после чего готовые статоры и роторы перевешиваются на подвесной конвейер для передачи их на сборочный участок.

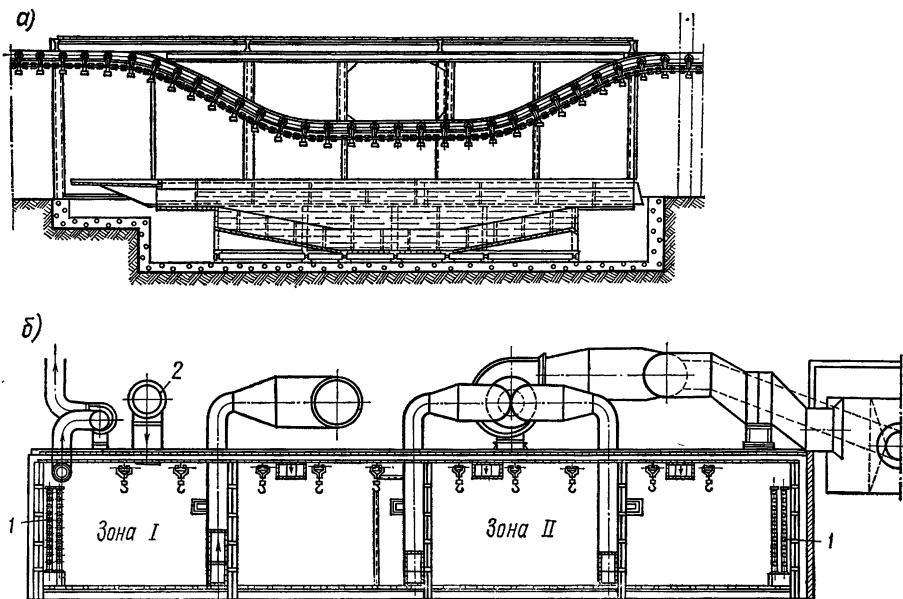


Рис. 15-5. Конвейерный агрегат для пропитки и сушки обмоток статоров и роторов электрических машин:

а — продольный разрез пропиточной ванны; б — поперечный разрез сушильной печи

Сушильная печь агрегата разделена на две зоны. В зоне *I*, служащей для предварительной сушки, температура поддерживается около $90-100^{\circ}$, а зона *II*, в которой происходит запечка лака, имеет температуру $130-135^{\circ}$.

Зона *I* обогревается паровой батареей 1, установленной вдоль боковой стенки, и циркулирующим горячим воздухом, нагреваемым при прохождении парокалорифера 2, установленного на крыше печи.

Получить температуру $130-135^{\circ}$ в печи при обогреве паром низкого давления невозможно, поэтому зона *II* дополнительно обогревается воздухом, получающим тепло при прохождении через электрокалорифер.

В зоне *I* при сушке происходит интенсивное выделение паров растворителя, которые выбрасываются из печи вентиляционной системой.

Размеры ванны для пропитки, длина подвешного конвейера и его скорость выбраны с расчетом обеспечения необходимого времени нахождения изделий в лаке во время пропитки в ванне и сушки в печи.

Это время равно: пропитка — 7 мин, стекание лака после пропитки — 20 мин, время сушки в зоне I — 2 ч и в зоне II — 8 ч.

Автоматизация пропитки и сушки. Как уже указывалось, применение для пропитки обмоток лаков без растворителей с малым временем сушки позволяет автоматизировать процесс пропитки и сушки.

На рис. 15-6 показана автоматическая установка совмещенной пропитки и сушки статоров электродвигателей серии АОЛ2 1-го габарита [5].

Установка состоит из ротора, транспортера-накопителя 4, механизма зачистки внутреннего диаметра 5, автооператора 6, вентиляционной системы.

Основным рабочим органом установки является ротор с восемью рабочими позициями 3, расположенными на поворотном столе 10.

В процессе работы стол, закрепленный на центральном валу, периодически поворачивается с позиции на позицию при помощи гидроцилиндра 9.

Для нагрева статоров на каждом рабочем месте имеются индукторы 11, катушки которых надеты на Ш-образные магнитопроводы с поворотным верхним ярмом.

Статор 1 для пропитки устанавливается на подставку 12, которая в процессе пропитки для равномерного полива обмотки получает вращение от электродвигателя 20 через зубчатую передачу.

На центральном валу ротора насажен бачок 18 для пропиточного лака, к которому на кронштейнах 17 прикреплены соединенные трубопроводом с бачком три сопла 15 для полива обмоток лаком.

Сопла расположены над II, III и VIII рабочими позициями.

Открывание клапанов для выпуска лака из сопла во время пропитки и закрытие выходного отверстия сопла после пропитки производятся при помощи магнитов 16, соединенных с клапанами рычагом.

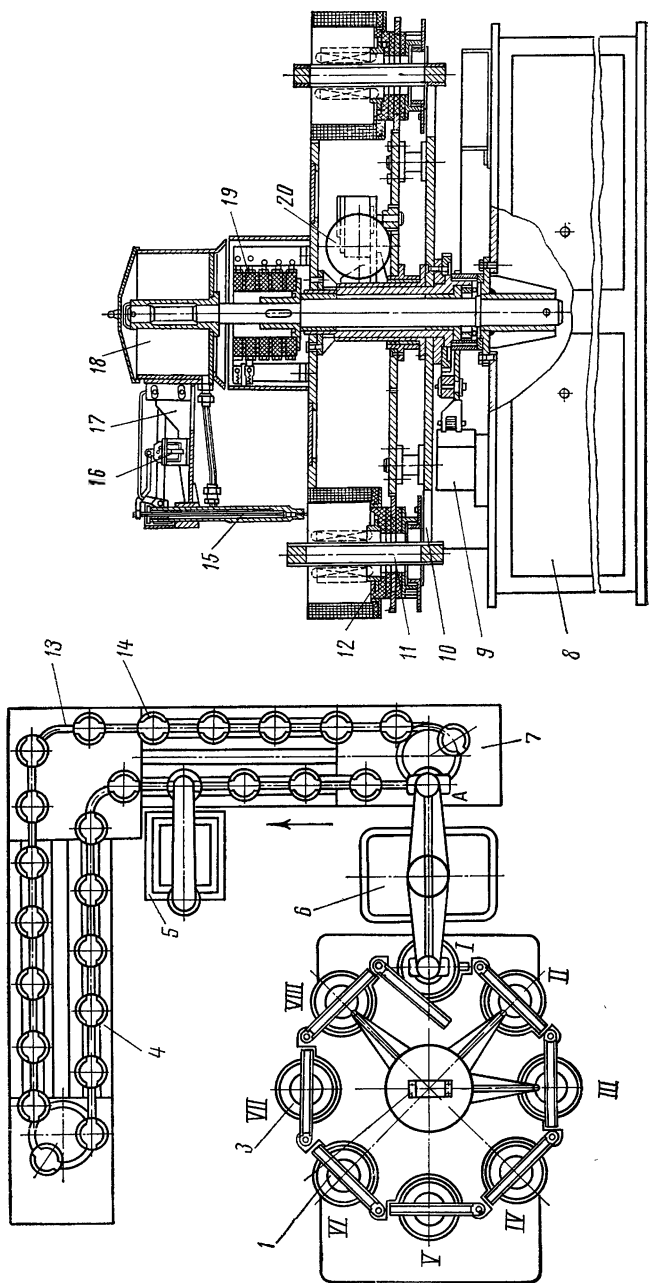
Напряжение на индукторы и двигатель 20 подается с коллектора 19 через восемь токосъемников, закрепленных на поворотном столе.

Ротор пропитки и сушки покоится на станине 8, внутри которой размещена гидросистема установки.

Для подачи статоров на пропитку и к механизму зачистки внутреннего диаметра статора после пропитки имеется транспортер-накопитель 4. На цепи транспортера закреплено двадцать семь подставок 14 для установки статоров.

После пропитки и сушки на внутреннем диаметре пакета статора образуется лаковая пленка. Удаляется она щеткой 22 механизма зачистки. Вращение щетки 22 получает от электродвигателя 25, закрепленного на траверсе 21. В процессе зачистки колонна 23 вместе с траверсой и щеткой получает вертикальное перемещение от гидроцилиндра, расположенного внутри корпуса 24.

Для установки непропитанных статоров с транспортера-накопителя на I позицию ротора и снятия с него статоров после сушки слу-



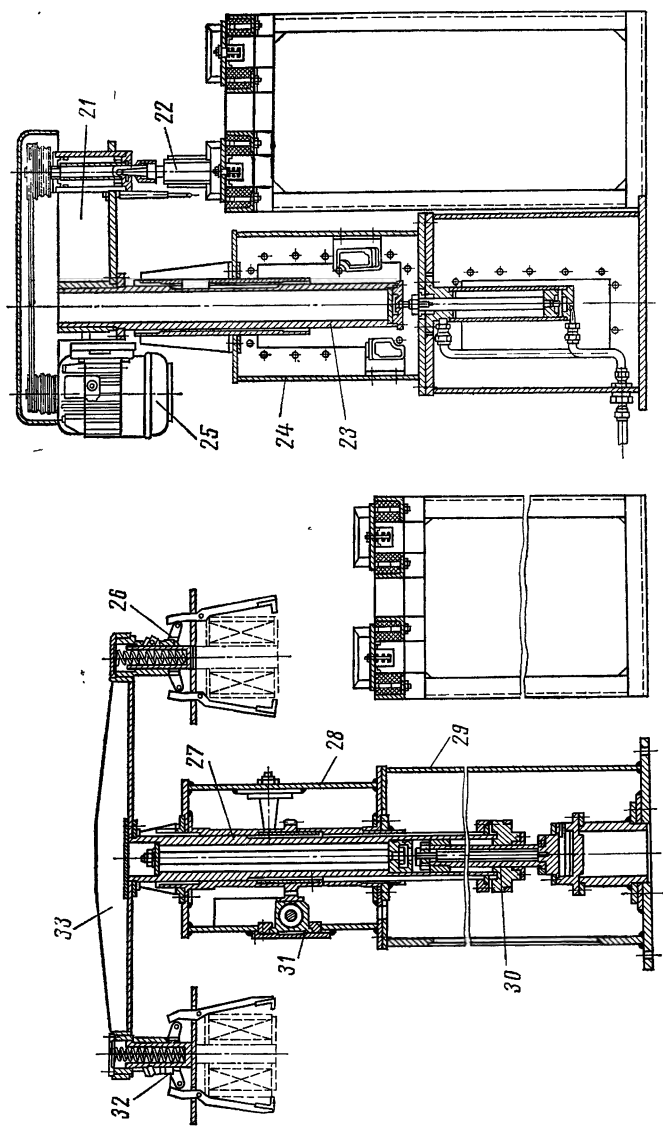


Рис. 15-6. Автоматическая установка совмещенной пропитки и сушки статоров электродвигателей АОЛ2 1-го габарита

жит автооператор. Он состоит из сварных корпусов 28 и 29, внутри которых смонтирован гидронасос 30 для подъема траверсы 33 с двумя механическими захватами 32 и 26.

Поворот траверсы осуществляется гидроцилиндром 31 через реечную передачу. Реечная шестерня закреплена на колонне, а рейка связана с гидроцилиндром.

Процесс пропитки и сушки статоров производится в следующей последовательности. Статоры, подлежащие пропитке, вручную загружают на транспортер-накопитель партиями по десять штук.

Автооператором с позиции А транспортера статор снимается и устанавливается на I позицию ротора, которая является загрузочно-разгрузочной.

Остальные семь позиций ротора рабочие, на них статор попадает в результате периодического поворота стола.

На II и III позициях происходит подогрев статора и пропитка обмоток методом полива.

На IV—VII позициях статор нагревается до необходимой температуры. На VIII позиции при одновременном нагреве верхние лобовые части дополнительно поливаются лаком.

С I позиции автооператором статор переставляется на транспортер для охлаждения, который в таком же ритме, как и ротор, совершает периодические перемещения статоров с позиции на позицию.

На V позиции транспортера, считая позицию А первой, механизмом зачистки очищается у статора от лаковой пленки внутренний диаметр пакета сердечника.

На месте загрузки готовые статоры снимают и на их место устанавливают очередную партию непропитанных статоров.

Производительность данной установки 50 статоров в час, габариты ее в мм $3000 \times 2800 \times 1800$, а вес 2000 кг.

§ 15-6. Техника безопасности и противопожарная техника при пропитке и сушке

Пропиточно-сушильные отделения, в которых для пропитки изделий применяются лаки с горючими растворителями, относятся к категории взрыво- и пожароопасных. Поэтому располагают сушильно-пропиточные отделения в отдельных помещениях, изолированных от соседних участков сплошными огнестойкими перегородками. Световые проемы помещений могут выходить только наружу здания.

Сушильно-пропиточные отделения оборудуются пропиточно-вытяжной вентиляцией. Все силовое и осветительное электрооборудование, находящееся в помещении отделения, должно быть выполнено во взрывобезопасном исполнении.

Ванны, в которых производится пропитка методом погружения, должны закрываться крышками после загрузки в них изделий, а также иметь бортовые отсосы. При загрузке изделий в ванну и закрытии ее крышкой необходимо избегать ударов стальных деталей друг о друга, так как это может вызвать искру.

Хранят лаки и растворители и готовят пропиточные составы в отдельных помещениях, подаются они в ванны пропиточного отделения по трубопроводам.

В электрокалориферах сушильных печей можно применять только трубчатые нагреватели с надежной изоляцией спиралью от соприкосновения с парами растворителей, проходящих через систему циркуляции воздуха. Во избежание появления искры контакты электронагревателей должны быть вынесены на наружные стенки калориферов и из помещения пропиточного отделения.

Включение электрокалориферов и вентиляторов воздушной циркуляционной системы сушильных печей должно быть заблокировано. Калорифер может быть включен только после пуска в работу вентилятора.

Лопастни вентилятора должны быть выполнены из цветного металла, с тем чтобы при авариях (от удара лопастей вентиляторов о стенки стальных воздухопроводов) не возникало искры.

Категорически запрещается курить в помещениях сушильно-пропиточных отделений, стирать одежду в бензине и растворителях. При стирке (от трения материалов друг о друга, особенно шерстяных) может возникнуть статическое электричество, а образовавшаяся искра от его разряда может вызвать взрыв паров растворителей.

Одним из наиболее надежных путей оздоровления условий труда персонала сушильно-пропиточных отделений и решения вопросов взрыво- и пожаробезопасности является механизация и автоматизация процессов пропитки и сушки, а также применение для пропитки лаков без растворителей и водноэмульсионных лаков, растворителем которых служит водопроводная вода.

ГЛАВА XVI

ПАЙКА И СВАРКА СОЕДИНЕНИЙ В ОБМОТКАХ

§ 16-1. Общие вопросы

При изготовлении электрических машин токоведущие части их соединяют при помощи пайки или сварки.

Пайка — это процесс соединения металлов при помощи легкоплавкого металла или сплава, называемого припоем.

Для пайки соединяемые поверхности деталей очищают от окислов, жировых и других загрязнений и нагревают до определенной температуры, при этом указанные поверхности остаются в твердом состоянии.

Между спаиваемыми поверхностями вводится расплавленный припой, который, смачивая их, прочно скрепляет соединяемые части после затвердевания и охлаждения.

Сваркой называется способ соединения металлов за счет местного расплавления соединяемых частей.

Расплавление металла производится за счет тепла электрической дуги (электросварка) или тепла, образующегося при горении газа (газовая сварка).

Соединения, получаемые методом сварки, неразъемные. Спаянные детали можно разъединить на составные части, если нагреть место спайки до температуры плавления припоя.

Процесс пайки — это наиболее распространенный способ соединения деталей в электромашиностроении.

Припой для пайки. В зависимости от температуры плавления припой разделяются на мягкие и твердые.

К мягким припоям относятся олово и сплавы олова со свинцом; марка и состав припоев определяются по ГОСТ 1499—54. Согласно стандарту для пайки применяются припои ПОС-90, ПОС-61, ПОС-50, ПОС-40, ПОС-30, ПОС-18. В обозначении слово ПОС означает припой оловянно-свинцовый, а цифра указывает процент содержания олова. Все ПОСы имеют низкую точку кристаллизации (183°). Наиболее прочными и технологичными являются припои ПОС-61 и ПОС-50, а ПОС-90 обладает высокой коррозионной стойкостью.

Твердые припои имеют температуру плавления $600\text{—}850^{\circ}$. Наиболее употребляемыми из них являются сплавы на основе серебра (припои марок Пср) и медно-фосфористый припой марки ПМФ-7, содержащий 93% меди и 7% фосфора.

Припой ПМФ-7 применяется для пайки выводных концов всыпных и стержневых обмоток статоров и роторов.

Припои на основе серебра являются наиболее дорогими припоями и их применяют для пайки концов обмоток с петушками коллектора и лужения бандажей машин с рабочей температурой от 180° и выше (припой Пср-2,5).

Для пайки алюминиевых проводов и алюминия с медью гостированных припоев нет. Заводы электромашиностроения применяют припои различных марок на основе сплава алюминия, меди, цинка, кремния, олова и других металлов.

Флюсы. Для хорошего смачивания расплавленным припоем, а следовательно, и получения качественной пайки сильно загрязненные поверхности зачищают до металлического блеска механически — напильником, шкуркой. Однако как бы ни были хорошо очищены спаиваемые поверхности, на них всегда имеется тонкая пленка окислов, которая препятствует смачиванию припоем.

Для удаления с поверхности спаиваемых деталей пленки окислов и их защиты от окисления в процессе пайки применяют различные флюсы в виде порошков, паст или растворов.

Различают флюсы для мягких и твердых припоев и в зависимости от спаиваемых металлов.

При пайке оловянно-свинцовыми припоями обмоток электрических машин применяют в качестве флюса канифоль. Она хорошо очищает поверхность и не вызывает коррозию спаянных поверхностей.

Канифоль употребляется в твердом виде или растворенная в бензине или этиловом спирте. Для пайки меди твердыми припоями применяется в качестве флюса бура в порошке.

При пайке серебряными припоями флюсом служит бура, а для серебрено-кадмиевого припоя Пср-2,5 — флюс состава: спирт — 66%; канифоль сосновая — 30%; цинк хлористый — 3%, аммоний хлористый — 1%.

Алюминиевые провода паяют с применением флюса в составе: хлористый калий — 54—56%, хлористый литий — 29—35%, фтористый натрий — 9—11%, хлористый цинк — 8—12%.

§ 16-2. Пайка мягкими припоями

При помощи пайки оловянно-свинцовыми припоями производится соединение выводных концов катушек якорей и фазных роторов соответственно с петушками коллекторов и контактными кольцами, головок стержневой обмотки фазных роторов скобками, бандажей якорей и роторов в единое целое (пропайка).

Существует несколько способов пайки этими припоями.

Пайка в ваннах является наиболее распространенным способом соединения мягкими припоями выводных концов обмоток якорей с петушками коллекторов и головок стержней роторов скобками.

Для пайки применяются различные конструкции паяльных ванн. Припой в них расплавляется за счет нагрева ванны спиралями сопротивления, а пластины коллектора нагреваются теплом расплавленного припоя.

На рис. 16-1 показана ванна завода «Динамо» им. Кирова для пайки якорей с диаметром коллекторов от 260 до 420 мм.

Корпус ванны 6 выполнен сварным из листовой стали. Снаружи ванна обмурована теплоизоляцией 7. Припой 1 в ней разогревается спиралями 9, находящимися под днищем ванны в четырех выдвижных секторах 8. Изменение уровня припоя в ванне производится за счет подъема или опускания двух массивных поплавков 4, жестко связанных с валами 10 и планками 5.

При включении двигателя 12 через фрикционную передачу 13 горизонтальный вал 15 с нарезанными на концах червяками 11 приводится во вращение. Находящиеся с ними в зацеплении червячные

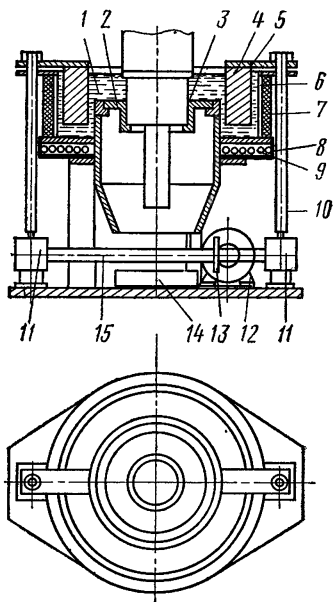


Рис. 16-1. Ванна для пайки якорей

шестерни посредством прямоугольной резьбы, нарезанной в центральном отверстии шестерен и на валах 10, перемещают их вверх или вниз в зависимости от направления вращения двигателя.

Пайка в ванне производится следующим образом. У коллектора якоря при помощи кисти промывают флюсом петушки и водным раствором мела или извести покрывают рабочую поверхность с целью предохранения от прилипания к ней припоя. Подготовленный таким образом якорь устанавливают в ванну на сменную оправку 2, выполненную по диаметру коллектора. Стык оправки и коллектора уплотняют асбестовым шнуром 3.

Перед установкой якоря уровень припоя опускают ниже верхнего торца оправки, а после установки якоря поднимают его на высоту, обеспечивающую пайку концов обмотки (на 2—3 мм ниже верхнего края петушков).

На случай протекания припоя в местах уплотнения под ванной установлена чаша 14.

В ванне за счет большой теплоемкости припоя и поплавков за сравнительно короткое время (15—20 мин) нагреваются одновременно все пластины коллектора и происходит процесс пайки. Пайка в ваннах имеет серьезный недостаток: при применении для пайки припоев ПОС-30, ПОС-40 и других температура в ванне должна поддерживаться равной 320—340°, примерно на 100° выше температуры начала затвердевания припоя.

Верхняя часть коллектора вблизи петушков нагревается до 250—260°, в нижней его части температура не превышает 150°, а втулка коллектора нагревается примерно до 100°. Большой перепад температур вызывает смещение коллекторных пластин и изменение его формы. Длительное соприкосновение рабочей поверхности с припоем, разогретым до высокой температуры, может привести к снижению твердости коллекторной меди и, следовательно, к повышенному износу коллектора в эксплуатации.

Пайка с нагревом паяльной лампой применяется в основном для соединения в крупных машинах выводных концов обмоток якорей с ленточными петушками коллекторов.

Петушки коллектора совместно с вложенными в них выводными концами катушек нагреваются до температуры пайки пламенем паяльной лампы. К разогретому петушку пластины подносят палочку припоя. Нагреваясь от пламени паяльной лампы и пластины коллектора, припой расплавляется и, затекая в шлиц коллектора, смачивает выводные концы и боковые поверхности шлицев, прочно спаивая их.

Для разогрева пластин паяльной лампой затрачивается значительное время, так как приходится прогревать каждую пластину в отдельности, но качество пайки при этом бывает достаточно высоким.

Пайка с помощью паяльника применяется при пайке бандажей якоря. Проволочный бандаж, наложенный на якорь или роториз облуженной проволоки, промывают при помощи волосяной кисти флюсом. На бандаж для его прогрева накладывают электродуговой

паяльник и к нему подводят палочку припоя. Наплывы расплавленного припоя разравнивают на бандаже паяльником. Последовательно прогревая участки бандаж и расплавляя припой, производят полную пропайку всего бандаж.

§ 16-3. Пайка твердыми припоями

Низкая температура плавления оловянно-свинцовых припоев не позволяет применять их в якорях с изоляцией класса Н. Выводные концы обмоток таких якорей соединяются с петушками коллекторов при помощи серебряно-кадмиевого припоя марки Пср-2,5 ГОСТ 8490—56.

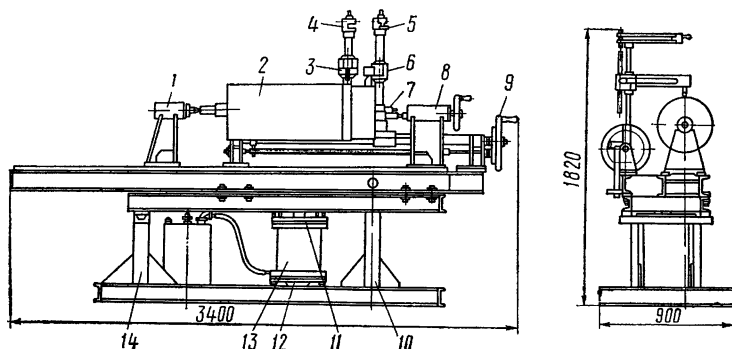


Рис. 16-2. Установка для контактной пайки якорей

Твердым медно-фосфористым припоем спаиваются головки стержневых обмоток роторов асинхронных электродвигателей, припаиваются выводные концы к шинной меди катушек возбуждения, спаиваются межкатушечные соединения всыпных обмоток. Пайка твердыми припоями производится на установках контактной пайки и специальными клещами.

Пайка на установках. На рис. 16-2 показана установка для пайки с петушками коллектора выводных концов якорей различных типов и размеров.

На сварной раме установки расположены неподвижная бабка 1, подвижная бабка 8, устройства для передвижения электрододержателей с закрепленными в них электродами 3 и 6.

Вдоль оси якоря электрододержатели передвигаются при вращении штурвала 9, а по вертикали — винтами 5 и 4. Расстояние между электродами изменяется винтом 7.

Наклон якоря 2 в процессе пайки на угол до 45° может быть произведен пневматическим подъемником 13, закрепленным на шарнирах 11 и 12, и изменением высоты стоек 10 и 14.

Установка питается от понижающего трансформатора мощностью 12 кВА, снабженного регулятором вторичного напряжения, позволяющим получить шесть значений силы тока от 500 до 1100 А.

В качестве примера контактной пайки рассмотрим пайку якоря тягового электродвигателя припоем Пср-2,5.

Спаиваемые поверхности подготавливают до начала пайки. Концы секций еще при изготовлении катушек якоря облуживают припоем Пср-2,5.

Шлиц у каждой коллекторной пластины до начала укладки обмотки якоря обезжиривают, тщательно промывая кистью, смоченной в спиртовом растворе хлористого цинка и хлористого аммония по 10 г каждого вещества на 1 л спирта. В готовый раствор на каждый литр добавляют по 50 г толуола.

Перед осадкой выводных концов катушек в шлиц коллекторных пластин места пайки волосяной кистью промазывают флюсом. После установки якоря 2 в центра станка, вращая якорь, места соединений концов секций с петушками коллектора при помощи кисти еще раз промывают флюсом.

Угольный электрод 3 подводят до соприкосновения с верхней частью петушка пластины, в которую вплавляется конец катушки, а медный электрод 6 опускают на середину той же пластины.

Электроды к пластинам должны прилегать плотно. Нагрев петушков в процессе пайки осуществляется при пропускании тока за счет выделения тепла в месте контакта с электродом. Дополнительно петушки разогреваются от раскаленного угольного электрода.

Во время пайки прутки припоя подносят к верхней части шлица коллектора и по мере расплавления его и затекания в шлиц пластины прутки перемещаются к нижней части петушка. Образование расплавленной капли припоя с вогнутым мениском на границе петушка с пластиной свидетельствует о конце пайки. После этого якорь поворачивают для пайки следующей пластины, цикл повторяется и так до тех пор, пока не будут пропаяны все пластины.

При отработке технологии пайки каждого якоря опытным путем устанавливаются количество припоя, необходимое для качественной пайки концов катушек, сила тока и время пайки одной пластины. Эти данные указываются в технологическом процессе.

Качество пайки целиком зависит от точности соблюдения режимов пайки и хорошей подготовки поверхностей спаиваемых деталей.

На установках для контактной пайки можно производить пайку выводных концов якорей с коллекторами и мягкими припоями, подобранных для этого соответствующие режимы.

При контактной пайке в результате небольшого времени, затрачиваемого на нагрев петушков (8—30 сек для пластин с цельными петушками в зависимости от сечения меди коллектора), перегрева пластин не происходит, твердость их не снижается, что является важным преимуществом метода контактной пайки.

Пайка клещами. Специальные клещи (рис. 16-3) применяют для пайки припоем ПМФ концов катушек. Ток от трансформатора подводится к губкам 2 и 6 гибким кабелем.

Пайка соединений такими клещами производится следующим образом. Скрутку спаиваемых проводов вместе с проложенной пла-

стиной припой сжимают между электродами 1, нажимая рукой на рычаг 5. Ножной педалью включают цепь, в местах касания электродов,

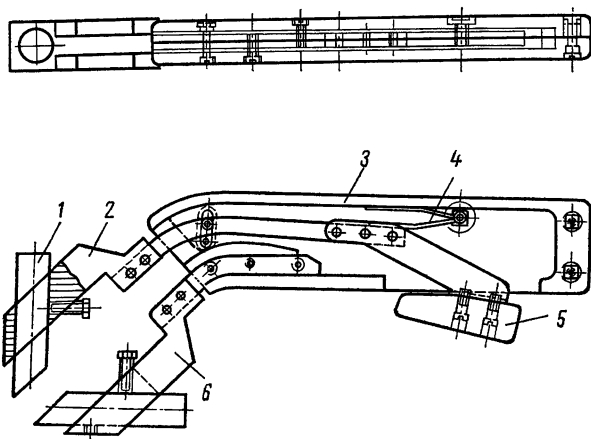


Рис. 16-3. Клещи для пайки твердыми припоями

за счет увеличенного сопротивления, происходит разогрев угольных электродов, припой расплавляется, смачивая спаиваемые поверхности. Для возвращения подвижной губки 2 в исходное положение служит пружина 4. Корпус 3 клещей пластмассовый.

§ 16-4. Сварка соединений в обмотках

Методами сварки соединяются у некоторых двигателей выводные концы обмоток якорей с петушками коллектора и межкатушечные соединения всыпных обмоток асинхронных двигателей.

Сварка концов всыпных обмоток статоров и роторов. Концы катушек, подлежащие сварке, скручивают между собой. К ним подводят один из концов сварочного однофазного трансформатора, второй конец трансформатора соединяют с угольным электродом. При касании электродом торцов свариваемых проводов возникает электрическая дуга, которая оплавляет концы проводов, соединяя их в единое целое.

Для защиты глаз от вредного воздействия на них дуги сварку необходимо производить в защитных сварочных очках.

При сварке возникновение электрической дуги и оплавление концов проводов происходят за доли секунды. Любая передержка дуги может привести к пережогу металла. Соединение становится хрупким и при изгибе проводов в процессе сборки схемы рядом с местом сварки провода могут обломиться. Вот почему некоторые заводы предпочитают не сваривать, а паять межкатушечные соединения припоем ПМФ.

§ 16-5. Лужение

Лужение — процесс нанесения на металлическую поверхность детали тонкого защитного слоя неокисляемого металла, предохраняющего деталь от коррозии или служащего подготовкой к последующей пайке. Чтобы получить неокисляемый контакт, на станинах лудят места для присоединения заземления и кабельных наконечников.

Для подготовки под пайку облуживают выводные концы катушек машин постоянного тока, шлицы коллекторных пластин, выводы контактных колец фазных роторов.

При подготовке под пайку поверхности детали облуживают тем металлом, который будет применяться при пайке в качестве припоя. При пайке медно-фосфористым припоем подлежащие пайке поверхности не облуживают.

Предварительное лужение деталей позволяет получать качественное соединение со сплошной пропайкой соединяемых поверхностей.

Существуют два способа лужения — гальваническое и горячее. Гальваническое лужение выполняется в ваннах с электролитом. Анодом при этом является электрод из предназначенного для лужения металла (олово, кадмий); на место катода навешивается деталь, подвергающаяся лужению. При пропускании через электролит постоянного тока низкого напряжения на катоде (деталь) осаждается слой полуды. Толщина этого слоя пропорциональна времени нахождения детали в электролите под действием тока.

При горячем лужении детали с подготовленной поверхностью (очищенные от грязи и смазанные флюсом) опускают в ванну с расплавленным припоем и выдерживают в ней в течение времени, необходимого для разогрева детали под лужение. На вынутой из ванны детали виден слой полуды.

Горячее лужение шлицев коллекторных пластин в ваннах. Операции лужения предшествуют следующие подготовительные работы: обезжиривание поверхностей шлица в водном растворе тринатрийфосфата и эмульгатора ОП-7 соответственно по 30—35 г и 0,5—1 г на 1 л воды, обмазка кистью боковых и торцовых поверхностей пластины водным раствором извести для предохранения их от облуживания, сушка пластин.

После лужения боковые поверхности пластин очищают от известковой обмазки.

Все эти операции являются ручными и малопроизводительными. Нанесение обмазки и последующая очистка детали от нее загрязняют участок. Поэтому на ряде заводов защита боковых и торцовых поверхностей от облуживания производится нанесением на них гальваническим методом тонкого слоя хрома (0,22 мкм).

Лужение шлицев производится путем погружения пластин в расплавленный в ваннах припой шлицованными частями с выдержкой в нем в течение 2—15 мин.

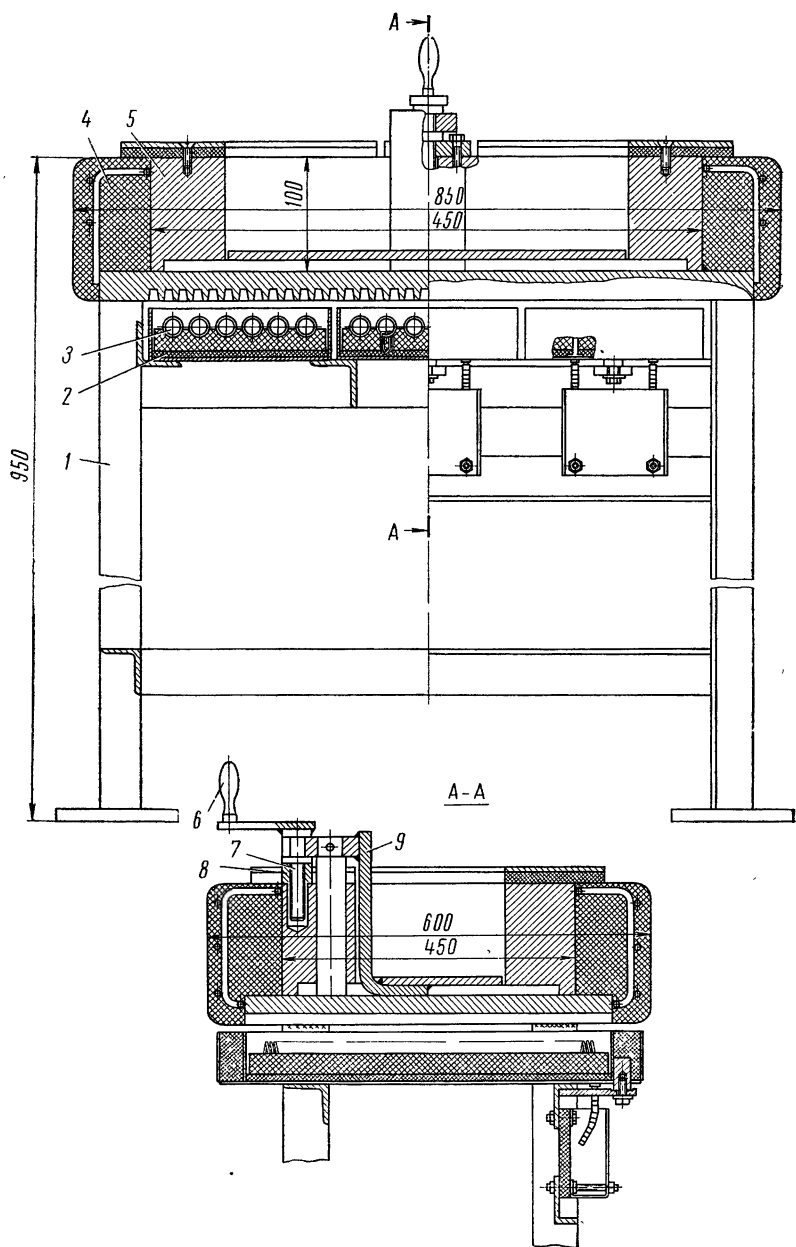


Рис. 16-4. Ванна для лужения шлицев коллекторных пластин

Время выдержки, необходимое для разогрева пластин, зависит от массы одновременно загруженных пластин.

Лудильные ванны бывают с индукционным нагревом и нагревом спиралями сопротивления (рис. 16-4).

Ванна 5, в которой расплавляется припой, имеет массивные стенки, аккумулирующие тепло. За счет этого тепла при загрузке холодных пластин температура в ванне понижается незначительно.

Ванна установлена на сварном основании 1. Для расплавления припоя под ее днищем находятся три блока спиралей 3, которые для удобства замены перегоревших спиралей выдвигаются.

Ванна и блоки спиралей обмурованы снаружи теплоизоляцией 4 и 2. Для загрузки и выгрузки пластин из ванны служит подъемный механизм 9. Вращением рукоятки 6 за счет ввертывания и вывертывания винта 7 из гайки 8 можно поднимать или опускать этот механизм вместе с загруженными пластинами.

ГЛАВА XVII

КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЕ ОБМОТОК

§ 17-1. Назначение, стадии контроля и испытания обмоток

Долговечность и надежность работы электрической машины зависят главным образом от качества обмоток. Поэтому в процессе производства обмоток состояние их изоляции проверяется неоднократно. Контроль и испытание обмоток производят с целью определения соответствия их чертежу и предупреждения попадания поврежденных обмоток на следующие операции изготовления.

Контроль и испытание обмоток производят на следующих стадиях изготовления:

- 1) в процессе и по окончании изготовления катушек обмотки;
- 2) в процессе укладки в пазы сердечника и на готовом якоре (роторе, статоре);
- 3) по окончании сборки электрической машины.

В данной главе рассматриваются методы контроля и испытания обмоток на первых двух стадиях.

Третий этап испытаний, включающий в себя типовые и контрольные испытания готовых машин, рассмотрен в гл. XIX.

У изготовленных обмоток (кроме катушек всыпной обмотки) производится контроль геометрических размеров на соответствие заданных чертежом, проверяется прочность витковой изоляции проводов катушек и ее наружной изоляции по отношению к корпусу, у полюсных катушек, кроме того, проверяется полярность, правильность маркировки выводов. У катушек параллельного возбуждения в процессе изготовления проверяются активное сопротивление и количество витков.

У катушек с всыпной обмоткой, не имеющих наружной изоляции от корпуса и витки которых после намотки не прилегают друг к дру-

ту, нет необходимости проверять прочность изоляции. Катушки эти проходят проверку после укладки в пазы.

В процессе укладки обмоток в пазы якоря и по окончании его изготовления производятся следующие операции испытания и контроля;

а) после насадки коллектора на вал сердечника проверяют коллектор на отсутствие замыканий между пластинами на электрическую прочность его по отношению к корпусу. Несмотря на то что проверка указанных параметров коллектора уже производилась в процессе его изготовления, повторное испытание коллектора на сердечнике перед укладкой обмотки необходимо для того, чтобы исключить возможность попадания случайно пропущенных ранее бракованных или поврежденных при транспортировке и насадке на вал коллекторов;

б) после укладки обмотки в пазы сердечника проверяется прочность ее изоляции относительно корпуса и отсутствие витковых замыканий;

в) после пайки и обточки коллектора проверяется правильность соединений, целостность цепи (наличие обрывов), прочность изоляции и отсутствие витковых замыканий;

г) у готового якоря проверяется прочность изоляции и отсутствие витковых замыканий.

Как видно из сказанного выше, изоляция обмоток проверяется после каждой операции, при выполнении которой может быть нарушена целостность изоляции. Величина испытательного напряжения при испытании на электрическую прочность межвитковой изоляции обмоток согласно ГОСТ 183—66 равна 1,3 номинального напряжения. Под повышенным напряжением обмотка при испытании должна находиться в течение 5 мин.

§ 17-2. Проверка обмоток на отсутствие межвиткового замыкания

Проверку обмоток на отсутствие межвиткового замыкания производят следующими методами.

Метод индуктирования напряжения. Указанным методом проверяется прочность витковой изоляции катушек якорей с петлевой и волновой обмотками, статоров и фазных роторов и у катушек возбуждения.

Испытание якорей производится с помощью специального электромагнита (рис. 17-1, а). Он состоит из полюсных наконечников 1 и 2, сердечника с катушкой 3. На катушку подается переменный ток частотой 500—1000 гц, в результате чего возбуждается магнитный поток. Если положить испытуемый якорь на полюсные наконечники, то поток замкнется через якорь и в его обмотке наведется переменная электродвижущая сила.

При наличии в какой-либо катушке короткозамкнутых витков или при замыкании пластин коллектора, к которым присоединены концы катушки, в катушках потечет большой ток. В зубцах паза

с короткозамкнутыми витками будет создаваться сильный магнитный поток.

Пазы с дефектными катушками можно обнаружить с помощью стальной пластинки, проведя ею по окружности якоря. Зубцы, к которым пластинка сильно притягивается и дребезжит, укажут на наличие между ними пазов с короткозамкнутыми витками. Катушки

с короткозамкнутыми витками у статоров и фазных роторов можно обнаружить с помощью телефонной трубки 1, присоединенной к катушке небольшого П-образного магнита, питаемой переменным током высокой частоты (рис. 17-1, б).

Магнит передвигают по окружности ротора или статора. При прохождении его над пазы с исправными катушками в телефоне слышится равномерное гудение. Когда магнит находится над пазом с короткозамкнутыми витками, в телефонной трубке будет слышен резкий звук. Пазы с дефектными катушками отмечают мелом, и изделие отправляют в ремонт.

На еще более простом приспособлении (рис. 17-1, в) проверяется наличие короткозамкнутых витков у катушек возбуждения до укладки их в машину. Приспособление представляет собой электромагнит 3, запираемый откидным ярмом 1. На одном из сердечников электромагнита возбуждается катушкой 4 магнитный поток.

Если в испытуемой катушке нет короткозамкнутых витков и цепь разомкнута, то индуктироваться напряжение в ней не будет. При наличии же короткозамкнутых витков или дефектов витковой изоляции, из-за которых при пропускании тока произойдет витковое замыкание, по короткозамкнутым виткам испытуемой катуш-

ка 4, которая питается от высокочастотного генератора (500—1000 гц) переменного тока, на другой — надевается испытуемая катушка 2 с разомкнутыми выводами. При включении цепи в сердечнике электромагнита возбуждается катушкой 4 магнитный поток.

Если в испытуемой катушке нет короткозамкнутых витков и цепь разомкнута, то индуктироваться напряжение в ней не будет. При наличии же короткозамкнутых витков или дефектов витковой изоляции, из-за которых при пропускании тока произойдет витковое замыкание, по короткозамкнутым виткам испытуемой катуш-

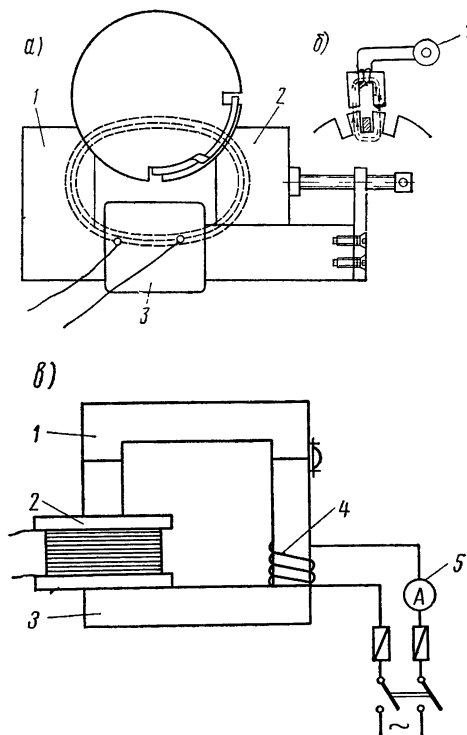


Рис. 17-1. Проверка обмоток на отсутствие короткозамкнутых витков методом индуктирования напряжения:

а — у якоря на специальном электромагните;
б — у ротора с помощью телефонной трубки;
в — у катушки возбуждения

ки потечет большой ток, который вызовет сильное гудение сердечника и нагрев замкнутых витков. О наличии короткозамкнутых витков в катушке 2 можно судить по отклонению стрелки амперметра 5, который покажет резкое возрастание тока в первичной цепи.

Метод милливольтметра. Индуктированием напряжения в испытуемой катушке невозможно проверить наличие короткозамкнутых витков в катушках якорей с обмотками лягушачьей и петлевой с уравнительными соединениями, так как в них всегда имеются короткозамкнутые контуры из катушек обмотки и уравнительных соединений. Поэтому якоря с указанными обмотками на отсутствие короткозамкнутых витков проверяются методом милливольтметра (рис. 17-2).

К двум коллекторным пластинам, находящимся одна от другой на расстоянии полюсного деления, специальными щупами, закрепляемыми на коллекторе хомутом, подводится постоянный ток. Величина тока регулируется реостатом. Ток устанавливается такой величины, при которой отклонение стрелки милливольтметра, присоединенного к двум коллекторным пластинам, хорошо видно.

Присоединяя милливольтметр при помощи щупов поочередно к каждой паре коллекторных пластин, замеряют падение напряжения в катушке. При исправной обмотке показания милливольтметра будут мало отличаться друг от друга, так как омическое сопротивление каждой катушки практически одинаково.

При замыкании витков катушки или коллекторных пластин омическое сопротивление уменьшится, следовательно, уменьшится и падение напряжения. По значительному отклонению показания милливольтметра судят о наличии замыкания в катушке якоря или коллекторных пластинах.

После проверки обмотки одного полюсного деления щупы, подводящие постоянный ток к коллекторным пластинам, переставляют к пластинам следующего полюсного деления и продолжают проверку.

По показаниям милливольтметра можно проверить правильность соединения обмоток с пластинами коллектора, качественное выполнение пайки, обнаружить обрывы.

При правильном соединении обмотки стрелка милливольтметра на данном полюсном делении будет отклоняться в одну сторону, а в случае обрыва — остановится на нуле.

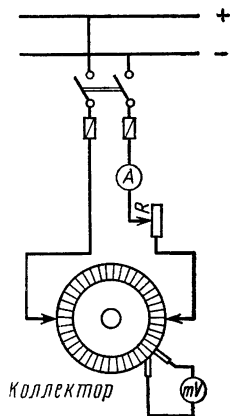


Рис. 17-2. Метод милливольтметра

§ 17-3. Испытание обмоток аппарата СМ-1

В ВЭИ им. Ленина (М. В. Смирнов и В. Д. Мажуга [23]) для испытания обмоток электрических машин постоянного и переменного тока разработаны универсальные аппараты СМ-1; СМ-2 и СМ-4.

Этими аппаратами можно обнаружить витковые замыкания и другие дефекты обмоток до укладки и после укладки их в машину.

Все три аппарата предназначены для одних и тех же целей, но аппарат СМ-1 на испытательных станциях электромашиностроительных заводов нашел более широкое применение, так как он имеет экран больших размеров, чем у аппарата СМ-2, и на нем хорошо видно изображение с расстояния 2—3 м.

За счет уменьшения размеров экрана аппарат СМ-2 имеет габариты и вес, в полтора раза меньшие, чем у аппарата СМ-1. Таким аппаратом удобнее пользоваться в случаях, требующих переноски аппарата с места на место.

Аппарат СМ-1, внешний вид которого показан на рис. 17-3, состоит из ряда блоков, основными из них являются: электроннолучевая трубка с контуром ее питания, контур развертки луча на экране по горизонтальной оси, контур импульсного генератора.

Принцип действия аппарата основан на сравнении полного сопротивления двух катушек и заключается в следующем. К аппарату подключаются две катушки, соединенные между собой последовательно. При подаче на них напряжения от генератора на экране электроннолучевой трубки появляется светящаяся кривая. Импульсы напряжения на катушки подаются поочередно то в одном, то в другом направлениях и не

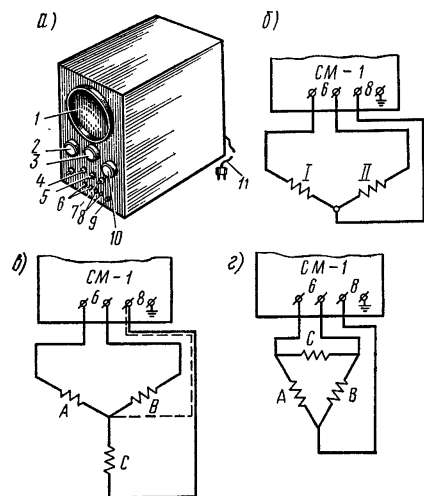


Рис. 17-3. Аппарат СМ-1:

а — внешний вид аппарата; б — схема включения полных катушек; в — схема включения обмотки, соединенной в звезду; г — схема включения обмотки, соединенной в треугольник

успеет на экране исчезнуть одна кривая, как появляется вторая (экран обладает свойством послесвечения).

Если обмотки не имеют никаких дефектов и их электрические параметры одинаковы, то и кривые обеих катушек будут одинаковы по форме и амплитуде и наложатся друг на друга. На экране трубки в этом случае будет наблюдаться одна кривая.

При наличии короткого замыкания в витках одной из обмоток, неправильного соединения по схеме, различного числа витков, пробоя изоляции на корпус или по другим причинам наложения кривых не произойдет и на экране будут видны две кривые. По форме кривых судят о характере дефекта.

Аппарат СМ-1 подключается шнуром с вилкой 11 к сети переменного тока 127 в.

Испытуемые обмотки присоединяются к двум парам гнезд, расположенных на передней панели. Пара гнезд 6 обозначает импульсы,

а вторая пара гнезд 8 — пластины явления. Расположенные над гнездами три выключателя 4, 5, 7 служат для включения различных частей схемы аппарата. Регулировка величины импульсного напряжения и четкости изображения на экране 1 производится рукоятками 2, 3, 10. В процессе работы аппарат должен быть заземлен за вывод 9.

Для контроля на витковое замыкание или обрыв якорных и полюсных катушек до укладки их в машину необходимо иметь как

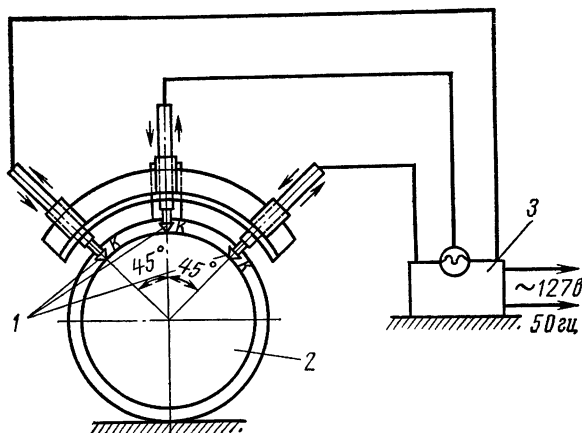


Рис. 17-4. Приспособление для подключения якоря к аппарату СМ-1

минимум две однотипных катушки и соединить их между собой и аппаратом (рис. 17-3, б).

Обмотки, соединенные в звезду, присоединяют к аппарату для испытания так, как показано на рис. 17-3, в, а соединенные в треугольник — так, как показано на рис. 17-3, г.

При испытании обмотки, соединенной в звезду, к незаземленному гнезду пластины явления присоединяется вывод от нулевой точки (показан пунктиром) или от третьей фазы, которая в этом случае будет служить просто проводом.

На рис. 17-3, в и г показано сравнение фаз *A* и *B* при соединении обмоток как в звезду, так и в треугольник. Если они окажутся годными, то для проверки фазы *C* необходимо поменять ее местами с фазой *A* или *B*. Для контроля обмоток якорей машин с катушками, имеющими одинаковое число витков без уравнительных соединений, достаточно присоединить концы от аппарата к трем произвольно взятым пластинам коллектора, две из которых расположены по обе стороны от средней под углом 45° .

В этом случае с обеих сторон относительно средней пластины коллектора будет одинаковое количество витков обмотки. Такую схему включения аппарата 3 можно осуществить, применив приспособление с тремя контактами 1, расположенными строго под углом 45° к пластинам коллектора 2 (рис. 17-4).

Приспособление является универсальным, так как электроды могут передвигаться в держателе для получения контакта с коллекторами различных диаметров.

Контроль обмотки якоря с помощью аппарата СМ-1 является производительным методом испытания, не утомляющим контролера.

§ 17-4. Проверка последовательности фаз статора

Выводные концы фаз статора асинхронного двигателя маркируют номерами 1, 2, 3. При соединении их с трехфазной сетью в последовательности: 1 — с фазой *A*, 2 — с фазой *B* и 3 — с фазой *C* — двигатель будет вращаться по часовой стрелке (если смотреть со стороны выступающего конца вала).

Проверить последовательность фаз, а следовательно, и направление вращения двигателя можно до его сборки, если в статор, подключенный к сети в указанном выше порядке, вместо ротора ввести металлический диск, могущий вращаться. Магнитное поле статора приведет этот диск во вращение в сторону вращения поля.

Наблюдать за вращением диска нужно со стороны статора, которая в собранном двигателе будет обращена в сторону выступающего конца вала ротора.

Обычно для этих целей пользуются небольшим по размерам прибором — фазоуказателем, предназначенным для определения последовательности фаз трехфазной цепи, имеющим легкий свободно вращающийся алюминиевый диск.

СБОРКА И ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

ГЛАВА XVIII

СБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 18-1. Основные определения

Сборка является одним из важных этапов в производстве любых механизмов, от качества выполнения ее во многом зависит надежность и долговечность работы изделия. Трудоемкость сборки электрической машины средних габаритов составляет 4—8% от общей трудоемкости ее изготовления.

Любая машина состоит из деталей и сборочных единиц.

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Например, вал, станина электродвигателя.

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, склеиванием, укладкой и т. п.).

✓ *Изделие* — любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Технологический процесс сборки, как и механической обработки, состоит из операций и переходов. Исходя из определения понятий операция и переход (см. гл. I), сформулируем определение операции и перехода применительно к сборке.

Сборочной операцией называется часть технологического процесса сборки изделия, выполняемая над одной сборочной единицей одним или несколькими рабочими одновременно на одном рабочем месте до перехода к сборке следующей сборочной единицы.

Переходом называется часть операции, которая выполняется без смены инструмента одним рабочим или бригадой.

§ 18-2. Организационные формы сборки

В зависимости от положения изделия при сборке сборка может быть стационарной или подвижной, а в зависимости от расположения сборочных мест относительно друг друга — поточной или непоточной.

При стационарной сборке рабочий или группа рабочих собирают изделия на неподвижных рабочих местах (все необходимые детали и сборочные единицы подаются к рабочему месту). Стационарная сборка электрических машин в зависимости от габаритов изделия может производиться на: а) специально отведенной площадке цеха, б) верстаках, в) оборудованных стендах.

Стационарная сборка применяется в единичном и серийном производствах и производится *концентрированным или дифференцированным методом*.

При концентрированном методе сборочный процесс не расчленяется на операции и общая сборка электрической машины от начала до конца производится одним рабочим. Такой метод сборки характерен для единичного производства, он требует высокой квалификации рабочих, больших затрат времени на сборку и значительных сборочных площадей.

Подвижная форма сборки применяется в крупносерийном и массовом производствах и производится только дифференцированным методом.

При дифференцированном методе весь процесс разбивается на отдельные операции и каждую из них выполняет отдельный рабочий или группа рабочих. Изделие в процессе сборки перемещается от одного рабочего места к другому. Рабочие места оснащены необходимыми сборочными инструментами и приспособлениями, на них выполняется одна и та же операция. Такой метод является более прогрессивным, так как позволяет специализировать сборщиков на определенных операциях, в результате чего повышается производительность труда.

В электромашиностроении находят применение оба вида сборки.

Поточная сборка. *Поточной* называется такая сборка, при которой сборочный процесс расчленен на отдельные операции, примерно равные или кратные по времени и выполняемые непрерывно, а собранные готовые изделия с поточной линии сходят через определенные промежутки времени, называемые *тактом*.

В поточной линии рабочие места расположены в порядке выполнения сборочных операций.

Метод поточной сборки может быть осуществлен как при неподвижном, так и при подвижном собираемом объекте.

Поточная сборка при неподвижном объекте применяется при большом такте сборки или выпуске тяжелых машин, перемещение которых затруднительно. В этом случае изделия собираются на последовательно расположенных неподвижных стендах, а рабочие после выполнения каждой своей операции переходят от одного стенда к другому. После выполнения последней операции сборки с каждого рабочего места снимается готовое изделие.

Поточная сборка при подвижном объекте, или иначе поточная подвижная сборка, может производиться как при *непрерывном*, так и при *периодическом перемещении* собираемых изделий от одного рабочего места к другому.

При непрерывном перемещении изделия сборочная операция выполняется во время движения конвейера при прохождении изделия в зоне рабочего места. Скорость конвейера устанавливается в зависимости от величины такта и расстояния между двумя соседними рабочими местами; таким образом, изделие с одного рабочего места на другое должно переместиться за время, необходимое для выполнения одной операции.

Периодическая подача изделия с одного рабочего места на другое может осуществляться одним из следующих способов:

- а) передачей вручную по рольгангу или на тележках;
- б) передачей механическими транспортными устройствами (приводным рольгангом, механизированной тележкой, транспортерной лентой и др.);
- в) шаговым конвейером;
- г) периодически перемещающимся пластинчатым конвейером.

Сборка изделия на таких конвейерах производится во время их остановок, равных длительности выполнения операции. Сумма времени движения конвейера для перемещения изделия от одного рабочего места к другому и остановки для выполнения операции равна такту.

На выбор того или иного метода перемещения изделия в процессе сборки влияют величина такта, габариты собираемых изделий, трудоемкость и сложность сборочных операций и другие технологические факторы. Для организации поточной сборки важное значение имеет точность разбивки операций по времени выполнения. Это время должно быть равно или кратно такту. В случае его значительного отличия от такта неизбежны простои рабочих.

Достигнуть синхронизации операций по времени сборки за счет перераспределения сборочных переходов по смежным операциям не всегда удастся. Поэтому разрабатываются следующие основные организационно-технические мероприятия, при выполнении которых можно добиться повышения производительности труда:

- механизация сборочных работ за счет применения специальных инструментов и приспособлений, например болтовертов для одновременного завинчивания всех болтов, крепящих подшипниковый щит;
- предварительное соединение деталей в сборочные единицы;
- увеличение количества рабочих на данной операции, если это возможно по условиям сборки.

Основные данные для расчета поточной линии.

Такт определяется исходя из количества выпускаемых изделий, *мин/шт*:

$$t = \frac{\Phi_{p.m} \cdot 60}{B_{сб}},$$

где $\Phi_{p.m}$ — годовой (суточный) фонд времени сборочного места в часах при принятой сменности работы;

$B_{сб}$ — годовой (суточный) выпуск изделий в штуках.

Скорость конвейера определяется, $м/мин$: при непрерывном движении конвейера

$$v = \frac{l}{m},$$

при периодически движущемся конвейере

$$v' = \frac{l}{m - t_p},$$

где l — расстояние между осями двух рабочих мест;

t_p — время остановки конвейера, в течение которого производится выполнение сборочной операции на одном рабочем месте.

Скорость движения сборочного конвейера непрерывного действия составляет 0,25—4 $м/мин$. Расстояние между осями рабочих мест зависит от габаритов собираемых электрических машин. Для средних машин оно составляет 1,25—1,5 $м$.

Рабочая длина конвейера, $м$,

$$L_{p.к} = (M_{сб} + M_{рез}) l,$$

где $M_{сб}$ — количество сборочных мест;

$M_{рез}$ — количество резервных мест на конвейерной ленте.

Общая длина конвейера равна рабочей длине плюс длина приводной и натяжной станций. Количество сборочных мест принимается равным количеству сборочных операций при выполнении каждой операции одним рабочим или может быть рассчитано по формуле

$$M_{сб} = \frac{T_n \cdot 60}{m},$$

где T_n — трудоемкость сборки одного изделия в человеко-часах.

Резервные места на конвейерной ленте служат для установки на нее перед сборкой транспортной партии статоров и после сборки — готовых машин. При увеличении выпуска электрических машин эти места используются как рабочие.

Непоточная сборка применяется в мелкосерийном и индивидуальном производствах. Изделие собирается на одном рабочем месте.

§ 18-3. Балансировка роторов (якорей)

В изготовленном роторе электрической машины вследствие неравномерного распределения масс центральная ось инерции, на которой расположен центр тяжести, редко совпадает с осью вращения.

Смещение оси инерции вызывается главным образом технологическими причинами. Например, детали ротора, получаемые литьем, могут иметь неодинаковую толщину стенок и ребер, хотя чертежом предусмотрено их симметричное расположение. Роторы, у которых

главная центральная ось инерции не совпадает с осью вращения, называются *неуравновешенными*. Эта неуравновешенность, как правило, складывается из суммы двух неуравновешенностей: *статической* и *динамической*.

При статической неуравновешенности (рис. 18-1, а) ось инерции расположена параллельно оси вращения и на ней лежит центр тяжести детали.

При динамической неуравновешенности (рис. 18-1, б) центр тяжести детали расположен на оси вращения, однако каждая из половин ее является неуравновешенной и их центры тяжести лежат в одной плоскости по обе стороны от оси вращения на равных расстояниях. Таким образом, у чисто динамически неуравновешенных деталей ось инерции проходит через центры тяжести их сторон, пересекая ось вращения в центре тяжести детали.

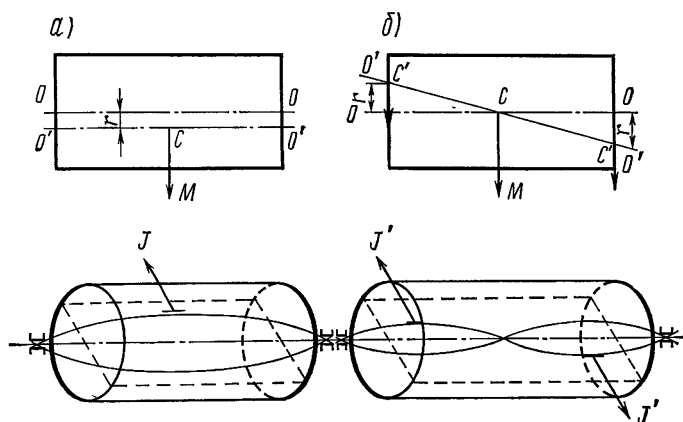


Рис. 18-1. Виды неуравновешенности:

$O - O'$ — ось вращения ротора; $O' - O'$ — ось инерции ротора; C — центр тяжести ротора; C' — центр тяжести стороны ротора; M — масса ротора; m — масса одной из сторон ротора; r — величина смещения центра тяжести; J — центробежная сила от статической неуравновешенности; J' — пара сил от динамической неуравновешенности

При вращении неуравновешенного ротора статическая неуравновешенность вызывает центробежную силу, а динамическая — центробежный момент от пары сил.

Неуравновешенные центробежная сила и центробежный момент вызывают вибрацию электрической машины, которая постепенно, разрушая подшипники, сокращает их срок службы.

Для устранения вредного влияния неуравновешенности роторы подвергают балансировке.

Балансировка — это такая технологическая операция, в процессе которой находится величина и расположение неуравновешенной

массы, а затем производится ее уравнивание путем добавления грузов на легкие стороны или удаления части металла с тяжелых сторон.

Согласно ГОСТ 12327—66 *полностью уравновешенным* называется ротор с таким распределением масс, при котором результирующая всех центробежных сил и сумма моментов этих сил относительно центра тяжести ротора равна нулю.

При этом условии одна из главных центральных осей инерции совпадает с осью вращения. Количественно *величину неуравновешенности* можно выразить через *меру неуравновешенности*, определяемую в плоскости исправления.

Плоскостями исправления называются плоскости, перпендикулярные оси вращения, в которых путем добавления или удаления масс осуществляется компенсация неуравновешенности ротора.

Плоскости исправления обычно проходят через нажимные шайбы, конструкция которых предусматривает специальные места для установки или приварки грузов или высверливания излишков металла (см. рис. 13-2: плоскости I — I и II — II).

Мерой неуравновешенности Δ ротора в плоскости исправления служит произведение неуравновешенной массы m на расстояние r (радиус установки) ее центра тяжести от оси вращения независимо от углового положения массы.

За единицу неуравновешенности принят 1 г·мм. В чертеже ротора указывают плоскости исправления и методы устранения неуравновешенности, а также допустимую остаточную неуравновешенность, так как в процессе балансировки добиться полной уравновешенности ротора практически невозможно.

Нормы допустимой остаточной неуравновешенности роторов и методы ее измерения регламентированы ГОСТ 12327—66. Для роторов установлены три класса точности уравнивания: нулевой, первый и второй, отличающиеся между собой величиной допустимой остаточной неуравновешенности. Наименьшую остаточную неуравновешенность допускает нулевой класс.

В технической документации на машины должен быть указан класс точности уравниваемости. Отсутствие указаний в чертеже ротора по точности уравнивания означает, что принят второй класс.

Величина остаточной неуравновешенности в одном и том же классе точности для роторов различных габаритов различна. В связи с этим стандарт делит роторы электрических машин в зависимости от массы на три группы: с массой от 0,01 до 0,1 кг (микророторы); с массой свыше 0,1 до 3 кг (малые роторы); с массой свыше 3 до 1000 кг (средние роторы).

В ГОСТ 12327—66 даются общие указания и рекомендации по выбору класса точности уравнивания, которые сводятся к следующему:

для электрических машин общепромышленного назначения с обычными требованиями по уровню вибрации достаточно у равнове-

шивания по второму классу точности. Такие электрические машины собирают, как правило, с подшипниками класса Н * (ГОСТ 520—55);

уравновешивание по первому классу точности рекомендуется для электрических машин с повышенными требованиями по уровню вибраций, например электрических машин для станков повышенной точности, электрических машин с подшипниками классов П и В (ГОСТ 520—55);

уравновешивание по нулевому классу точности необходимо для электрических машин, работающих на подшипниках классов А и С (ГОСТ 520—55);

второй класс точности уравновешивания может быть получен при балансировке ротора на окончательно обработанных цапфах (шейках) вала. Роторы с первым классом точности уравновешивания рекомендуется уравновешивать на балансировочном станке в собственных подшипниках.

Балансировку роторов с нулевым классом точности уравновешивания необходимо производить на балансировочном станке в собственных подшипниках (или на внутренних кольцах подшипников). В конструкции таких электрических машин должна быть предусмотрена возможность балансировки в окончательно собранной машине;

роторы электрических машин и детали, устанавливаемые на отбалансированный ротор (вентиляторы, муфты, шкивы и т. п.) должны быть конструктивно уравновешены;

детали, устанавливаемые на отбалансированный ротор, должны перед установкой балансироваться отдельно;

детали, устанавливаемые на отбалансированный ротор при помощи шпоночного соединения, балансируются со своими шпонками. Ротор в этом случае балансируется без соответствующей шпонки.

Согласно стандарту компенсация неуравновешенности должна производиться в двух плоскостях исправления при отношении осевого размера к диаметру $L/D \geq 0,2$; при $L/D < 0,2$ допускается одна плоскость исправления.

При одной плоскости исправления ротор может балансироваться статически или динамически (при вращении ротора).

Выбор способа балансировки зависит от требуемой точности уравновешивания и возможности достижения ее на имеющемся оборудовании. Следует иметь в виду, что при динамической балансировке достигаются более высокие результаты компенсации неуравновешенности (меньшая остаточная неуравновешенность), чем при статической балансировке.

Динамической балансировкой можно устранить как динамический, так и статический небаланс. При двух плоскостях исправления роторы должны балансироваться только динамически.

Сказанное здесь и далее о балансировке роторов относится в такой же мере к якорям.

* О классах подшипников см. § 18—4.

Статическая балансировка роторов производится при невращающемся роторе на призмах или дисках или на специальных весах (рис. 18-2).

Статической балансировкой можно устранить только статическую неуравновешенность. При балансировке на призмах и дисках ротор устанавливается на них шейками под подшипник. Перед балансировкой шейки вала и рабочие поверхности установки для балансировки необходимо очистить от пыли и грязи, протерев их тряпкой, смоченной в бензине.

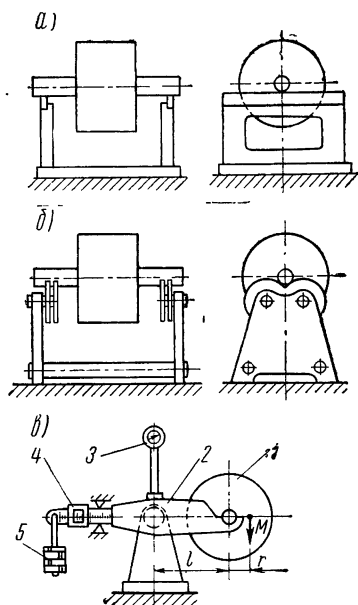


Рис. 18-2. Методы статической балансировки:

а — на призмах; б — на дисках;
в — на специальных весах

Для определения неуравновешенности ротор выводят из равновесия легким толчком от руки. Неуравновешенный ротор будет стремиться возвратиться в положение, при котором его тяжелая сторона будет внизу.

После остановки ротора мелом отмечают место его верхнего положения.

Этот прием повторяется несколько раз для того, чтобы проверить, останавливается ли изделие всегда в этом положении.

Остановка ротора в одном и том же положении указывает на смещение центра тяжести.

В отведенное для балансировочных грузов место, находящееся в плоскости исправления (чаще всего им бывает внутренний диаметр обода нажимной шайбы), устанавливают пробные грузики, прикрепляя их с помощью замазки.

После этого повторяют прием балансировки. Прибавляя или уменьшая массу грузов, добиваются остановки ротора в любом положении. Это будет означать, что ротор статически уравновешен, т. е. его центр тяжести совмещен с осью вращения. По окончании балансировки пробные грузики заменяются одним такого же сечения с массой, равной массе пробных грузов и замазки и уменьшенной на массу части электрода, которая пойдет на приварку груза. Величина этой массы определяется опытным путем и колеблется в зависимости от величины привариваемого груза в пределах 20—100 г.

Неуравновешенность можно компенсировать высверливанием соответствующей части металла с тяжелой стороны ротора.

Более точной, чем на призмах и дисках, является балансировка на специальных весах. Балансируемый ротор 1 устанавливается шейками вала на опоры рамы 2, которая может поворачиваться вокруг своей оси на некоторый угол.

Поворачивая балансируемый ротор, добиваются наибольшего показания индикатора 3. Такое показание индикатор будет иметь в том случае, когда центр тяжести ротора будет расположен, как показано на рисунке (в наибольшем удалении от оси поворота рамы).

Добавлением к грузу 5 дополнительного груза-рамки 4 с делениями добиваются уравновешивания ротора, которое определяют по стрелке индикатора. В момент уравновешивания стрелка совмещается с нулевым делением.

Если повернуть ротор на 180° , то центр его тяжести приблизится к оси качания рамы на двойной эксцентриситет смещения центра тяжести ротора относительно его оси. Об этом моменте судят по наименьшему показанию индикатора. Ротор уравновешивают вторично передвижением груза 4 по линейке со шкалой, отградуированной в г·см. О мере неуравновешенности судят по показаниям шкалы весов.

Динамическая балансировка производится на специальных станках. В процессе ее выполнения оба конца ротора уравновешиваются поочередно в указанных на чертеже плоскостях исправления. Для нахождения меры небаланса и места расположения центра тяжести обеих концов балансируемый ротор устанавливают на подпружиненную раму или опоры станка и приводят его во вращение.

Несбалансированная масса ротора заставляет раму или опору станка колебаться. Эти колебания на балансировочных станках измеряют различными способами и по наибольшей величине отклонения определяют массу и точку крепления балансировочных грузов на легкой стороне или место высверливания необходимого количества металла с тяжелой стороны.

На рис. 18-3, а показана схема простейшего станка для динамической балансировки. На двух стойках 1 станины станка с призматическими опорами 2 покоится качающаяся рама 17, опирающаяся на опоры ножами 11.

В равновесии рама удерживается плоской пружиной 18, один конец которой прикреплен к станине станка в точке 3, а другой через тягу 16 соединен с рамой.

Балансируемая деталь 12 устанавливается на две пары роликов 10 и 13. В процессе балансировки вращение она получает от шпинделя передней бабки 4, приводимого во вращение от электродвигателя (на схеме не показан). На внешнем конце шпинделя установлены два диска: диск 9 с делениями по окружности и коррекционный диск 8, могущий поворачиваться в обе стороны относительно диска 9.

В диске 8 имеется радиальный паз 6, по которому перемещается корректирующий груз 5. О величине перемещения груза судят по делениям шкалы 7.

Балансировка на станке производится в следующей последовательности. Деталь 12 приводят в быстрое вращение. Под влиянием несбалансированной массы детали рама 17 начнет колебаться. Вели-

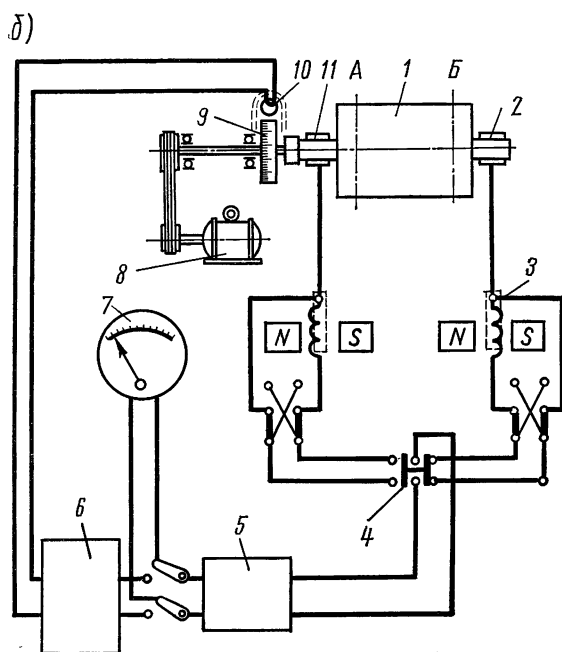
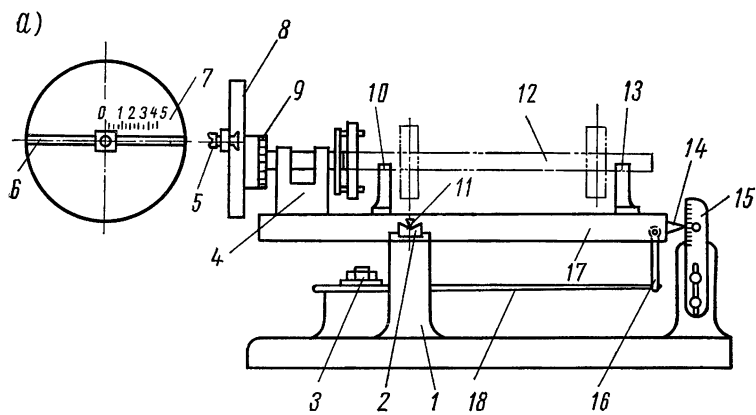


Рис. 18-3. Схема динамической балансировки

чину колебаний определяют по максимальному отклонению стрелки 14 относительно шкалы 15, называемой амплиметром. Передвигая корректирующий груз 5 и поворачивая диск 8, добиваются прекращения колебаний рамы 17, т. е. искусственного уравнивания правого конца детали. Такое равновесие наступает при условии, когда сумма моментов относительно точки опоры рамы (острие ножа 11) от центробежных сил, вызываемых неуравновешенностью правого конца детали, и искусственной неуравновешенности от смещения груза 5 будут равны нулю.

По показаниям шкал 7 и на диске 9 производят приварку груза с легкой стороны правого конца детали в выбранной плоскости исправления или удаляют металл с тяжелой стороны. После этого деталь вновь проверяют на станке. Перевернув деталь на 180°, таким же образом балансируют другой конец детали во второй плоскости исправления.

Более совершенными являются балансировочные станки с упругими опорами, поддерживающими балансируемую деталь. Величина колебаний несбалансированной массы определяется на этих станках с помощью электромагнитных датчиков. Схема одного из таких станков показана на рис. 18-3, б. Подлежащий балансировке ротор 1 устанавливают на пружинные опоры 2 и 11, могущие колебаться в плоскости, перпендикулярной оси балансируемого ротора. Неуравновешенный ротор, приведенный во вращение от электродвигателя 8, вызывает колебание опор. Вибрация опор через тяги передается катушкам 3 датчиков, заставляя их перемещаться в магнитном поле, наводя таким образом в катушках электродвижущую силу.

Э. д. с. будет зависеть от частоты и амплитуды колебаний. Величину неуравновешенности определяют по милливольтметру 7, на который подается усиленное усилителем 5 напряжение. Это напряжение подается также в цепь стробоскопа 6, лампочка 10 которого мгновенно вспыхивает при каждом обороте ротора в момент наибольшей амплитуды колебания опор.

Отражатель стробоскопа направляет свет от вспышки лампы на шкалу 9 шпинделя станка. При освещении шкалы пульсирующим светом, частота пульсации которого равна числу оборотов станка, создается впечатление, что шкала является неподвижной относительно указателя.

Заметив показание милливольтметра и данные шкалы шпинделя, станок останавливают и в плоскости исправления ротора под углом, согласно показаниям шкалы 9, прикрепляют корректирующий груз. Приведя ротор во вращение и прибавляя или уменьшая величину корректирующего груза, добиваются минимальных показаний милливольтметра 7, что будет указывать на устранение небаланса.

Балансируется каждый конец ротора отдельно. Закрепление грузов производится соответственно в плоскостях исправления А и Б. Переключение милливольтметра 7 для измерения колебаний каждой из опор производится поворотом рукоятки переключателя 4.

Конструкция и методы крепления балансировочных грузов. В уравновешенной детали в процессе балансировки корректирующий груз должен быть надежно закреплен. У роторов и якорей, имеющих нажимные стальные шайбы, балансировочные грузы чаще всего приваривают. Для таких роторов в качестве балансировочных грузов применяют различной массы нарубленные куски полосовой малоуглеродистой стали, которым предварительно придается криволинейная форма с радиусом, равным внутреннему радиусу обода нажимной шайбы.

У якорей малых машин небольшая неуравновешенность может быть устранена напайкой припоя (грузов) на проволочные бандажи. Нельзя на бандаж напавать большие по величине куски припоя, так как под воздействием центробежных сил при вращении якоря они могут отлететь.

В некоторых электрических машинах балансировочные грузы предусмотрены в конструкции нажимной шайбы. На торцевой поверхности ее проточена кольцевая канавка, имеющая в поперечном сечении форму ласточкина хвоста. Компенсация неуравновешенности производится за счет перемещения грузов по канавке и закрепления их на легкой стороне с помощью винтов. С целью предохранения грузов от произвольного перемещения во время вращения ротора крепящие их винты раскернивают.

У короткозамкнутых роторов неуравновешенность устраняется сверлением отверстий в пакете железа ротора или креплением на вентиляционных лопатках короткозамыкающего кольца балансировочных грузов (см. рис. 13-4). Отверстие под болт в вентиляционной лопатке сверлят ручной сверлильной машинкой.

§ 18-4. Монтаж подшипников

Общие сведения. В электрических машинах в зависимости от величины и характера нагрузки на ротор (якорь) в подшипниковых узлах применяются радиальные подшипники шариковые или роликовые или радиально-упорные с коническими роликами.

Конструкция, точность основных размеров (внутренний и наружный диаметры, ширина колец) и точность вращения подшипников качения установлены ГОСТ 520—55.

Стандартом предусмотрены следующие классы точности подшипников и их условные обозначения:

нормальный	— Н
повышенный	— П
высокий	— В
особо высокий	— А
сверхвысокий	— С
промежуточный	— ВП, АВ, СА

У промежуточных классов буква слева указывает класс точности внутреннего кольца, а справа — класс точности наружного кольца.

Характер сопряжения подшипников качения всех классов точности с валами и корпусами установлен ГОСТ 3325—55. Согласно стандарту при назначении полей допусков на вал под внутреннее кольцо и отверстие корпуса под наружное кольцо подшипника учитываются следующие условия: что вращается, вал или корпус; вид нагрузки; режим работы.

В электрических машинах, как правило, вращается вал. В связи с этим шейки валов под подшипник изготавливают с полями допусков $P_1, P; H_1, H; T_1, T; G_1, G$, а отверстия под подшипник в подшипниковых щитах — $C_1, C; P_1, P$.

Подшипники классов А и С монтируются только с посадками 1-го класса точности.

Подготовка подшипников и сопрягаемых с ними деталей к монтажу. При попадании в подшипник посторонние твердые частицы (грязь, песок, слюда и др.), смешиваясь с находящейся в нем смазкой, образуют абразивную смесь, которая при работе разрушает шарики или ролики и рабочие дорожки колец.

Попадающая внутрь подшипника влага может вызвать коррозию, в результате чего на трущихся поверхностях образуются язвочки, которые ухудшают легкость вращения подшипников и вызывают их преждевременный износ.

Поэтому одним из основных условий, от которых зависит долговечность, является содержание подшипников в чистоте в период хранения, в процессе сборки и в эксплуатации.

Подшипники с заводов-изготовителей поставляются потребителям законсервированными консистентной смазкой и в защитной упаковке.

В упакованном виде они должны подаваться со склада завода на сборочный участок. Снятие упаковки и расконсервацию подшипников следует производить непосредственно перед установкой их в узлы машины.

Монтаж подшипников. В электрических машинах посадка внутреннего кольца на вал, а иногда и наружного кольца в подшипниковый щит производится с натягом. Поэтому установка их в соответствующий узел машины осуществляется при помощи пресса, а при больших натягах при посадке на вал необходим предварительный нагрев подшипников.

Обычно нагрев подшипников перед монтажом совмещают с нагревом их в масляных ваннах во время расконсервации.

Нагретый подшипник надевают на вал и осаживают до упора на шейке вала легкими ударами цилиндрической оправкой по трубчатой оправке, которая имеет ободок из цветного металла со стороны, соприкасающейся с подшипником.

Если в машине предусмотрены внутренние крышки, они должны быть надеты на вал перед монтажом подшипников.

Роликоподшипники перед монтажом разбирают и их наружные кольца запрессовывают в подшипниковый щит отдельно при помощи пресса.

Монтаж подшипников является ответственной сборочной операцией, при выполнении которой следует соблюдать выработанные практикой следующие основные приемы:

во избежание повреждений рабочих поверхностей не следует применять способов монтажа подшипников, при которых усилие напрессовки может передаваться на тела качения;

усилие при запрессовке прикладывают только к тому кольцу, которое устанавливается на посадочное место с натягом; при одновременной установке подшипника на вал и в корпус усилие напрессовки передается через оба кольца;

нельзя наносить удары непосредственно по кольцам подшипника;

для установки подшипников следует применять специальные приспособления и оправки, исключающие перекося колец и повреждение подшипников при монтаже;

монтажный инструмент, приспособления и участок, на котором производится установка подшипников, должны содержаться в чистоте.

Оборудование, применяемое при монтаже подшипников. Монтаж подшипников может производиться непосредственно при сборке электрических машин или при сборке ее частей (якоря, ротора, подшипниковых щитов). В последнем случае организуется специальный участок монтажа подшипников.

Для удаления консервационной смазки и подогрева подшипников

перед насадкой на вал пользуются специальными ваннами с минеральным маслом, нагретым до температуры 80—100°. Обогреваются ванны паром или электричеством.

На рис. 18-4 показана конструкция одной из таких ванн. Ванна состоит из корпуса 8 и рабочей корзины 3.

Во внутреннюю полость ванны заливается масло, которое подогревается до температуры 100° электрическими спиралями, смонтированными в корпусе ванны. Корзина 3 опускается в ванну и поднимается из нее с помощью пневмоцилиндра 1, смонтированного под днищем ванны. Движение от штока цилиндра передается корзине через систему тяг и направляющие колонки 6, соединенные с крышкой ванны, к которой прикреплена корзина.

Для отсоса паров масла из ванны служит вентиляционная система 4. Температура в ванне в заданных пределах поддерживается автоматически с помощью терморпары 7 и прибора 5.

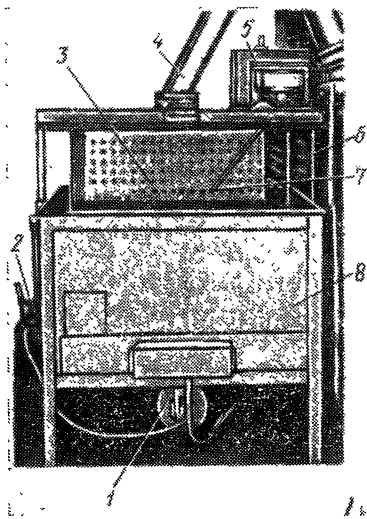


Рис. 18-4. Масляная ванна для расконсервации и подогрева подшипников

Для расконсервации оператор укладывает подшипники на дно корзины, которая поднимается в верхнее положение, выше уровня масла. Из корзины подшипники извлекают крючком после того, как они очистятся от консервирующей смазки.

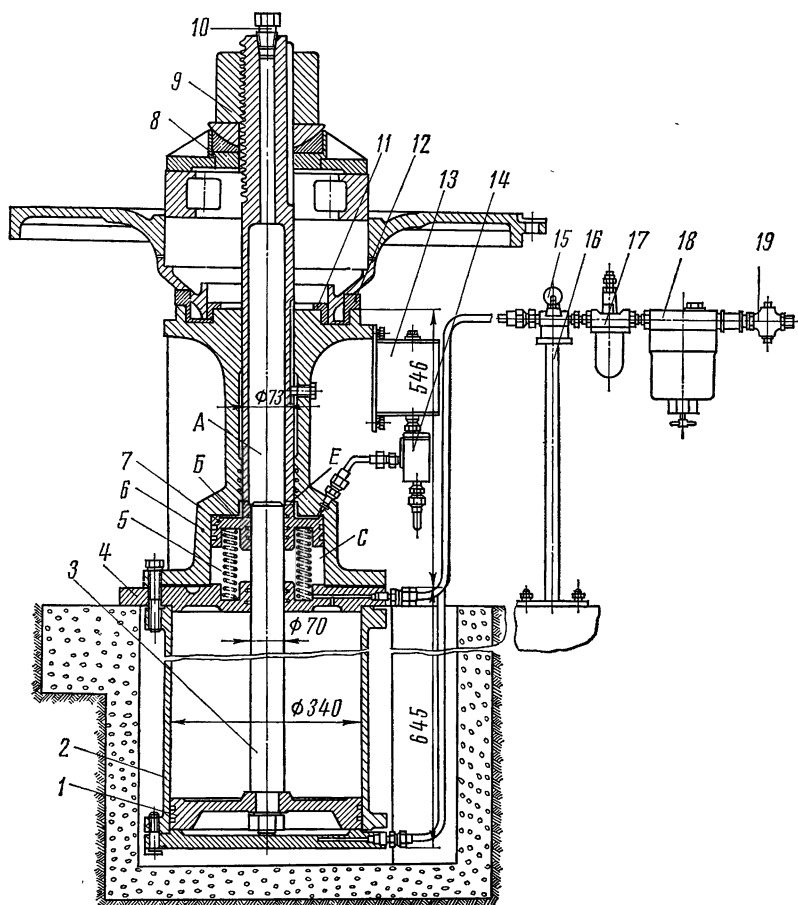


Рис. 18-5. Пневмогидравлический пресс:

1 — поршень пневмоцилиндра; 2 — большой пневмоцилиндр; 3 — плунжер; 4 — верхняя крышка пневмоцилиндра; 5 — пружина; 6 — гидроцилиндр; 7 — поршень гидроцилиндра; 8 — нажимной зонтик; 9 — гайка; 10 — пробка; 11, 12 — технологические кольца; 13 — бачок; 14 — клапан; 15 — трехходовой кран; 16 — стойка; 17 — редуктор; 18 — водоотделитель; 19 — вентиль

Включение пневмоцилиндра для опускания корзины в ванну с маслом и подъема из нее производится поворотом рукоятки крана 2.

При применении в электрических машинах роликоподшипников наружные кольца их запрессовываются в подшипниковые щиты с помощью прессов.

На рис. 18-5 показан пневмогидравлический пресс для запрессовки подшипников в подшипниковые щиты электродвигателей.

Можно выделить следующие основные операции сборки, являющиеся общими для большинства конструкций электрических машин переменного тока. К ним относятся: монтаж подшипников, ввод ротора в статор, запрессовка подшипниковых щитов в станину, измерение воздушного зазора, испытание, отделка после испытания, окраска и сушка собранных машин.

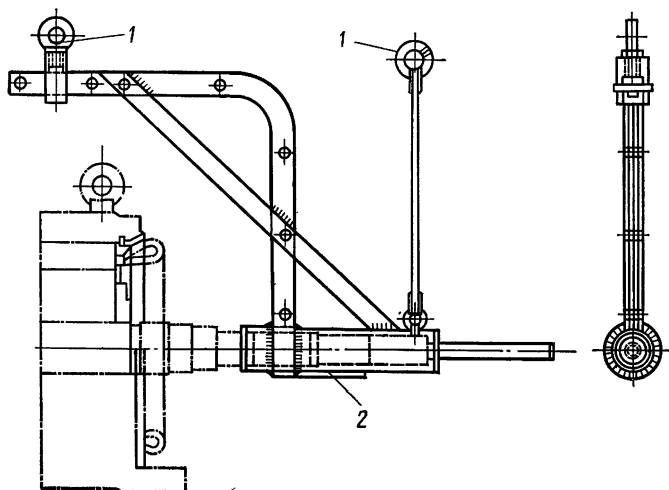


Рис. 18-7. Приспособление для ввода ротора в статор:
1 — грузоподъемные кольца; 2 — цилиндрическая оправка

Монтаж подшипников, окраска и сушка собранных электрических машин рассмотрены отдельно в § 4 и 7 данной главы, а испытание электрических машин — в гл. XIX. Рассмотрим остальные операции сборки.

Ввод ротора в статор. При сборке статор должен быть установлен горизонтально на лапах на верстаке или на рольганге.

Ввод ротора в статор небольших электрических машин, когда ротор можно легко удержать одной рукой за выступающий конец вала, производится без применения приспособлений.

Более тяжелые роторы вводятся в статор с помощью поддерживающих приспособлений (рис. 18-7), придающих роторам устойчивое горизонтальное положение.

Измерение воздушного зазора. Величина зазора между ротором и статором и особенно равномерность его по всему диаметру влияют на рабочие характеристики электрической машины. Поэтому он не может быть произвольным, а должен быть выдержан в определенных пределах. Разница одностороннего зазора, измеренного в двух диаметрально противоположных точках по данным ВНИИЭМ [24], должна быть не более 30%, а в крановых двигателях она допускается и до 40%.

Величину зазора проверяют щупами дважды. Первый раз — после ввода ротора в статор, когда ротор лежит на расточке железа статора, при этом измеряют общий зазор. Второй раз замеряют односторонний зазор в трех точках после запрессовки подшипниковых щитов.

Для прохода щупа в подшипниковом щите предусмотрены три отверстия, которые расположены напротив расточки статора под углом 120° друг к другу. После замеров в отверстия ввертывают болты-заглушки.

Запрессовка подшипниковых щитов в станину. Данная операция является наиболее сложной и ответственной операцией сборки электрической машины. Сложность ее заключается в том, что запрессовываются одновременно два подшипниковых щита, которые в машинах с шариковыми подшипниками сопрягаются по двум поверхностям.

Отверстие щита сопрягается с наружным кольцом подшипника, а замковая поверхность — со станиной.

При запрессовке щитов в станину необходимо обеспечить совпадение крепежных отверстий с соответствующими отверстиями внутренней крышки и станины. Для этой цели в одно из отверстий внутренней крышки ввертывается технологическая шпилька, которая вводится в отверстие щита, устанавливаемого для запрессовки напротив расточек станины, а в два диаметрально противоположных отверстия щита вставляются болты, которые на две — три нитки вручную ввертываются в станину.

Сориентированные таким образом щиты запрессовываются в станину с помощью двусторонних пневматических или гидравлических прессов, а крепящие их к станине болты завертываются болтовертами. В процессе запрессовки недопустимы перекосы щитов.

Внутренние лабиринтные крышки создают определенные неудобства при сборке электрической машины. Применение в машинах небольших габаритов шарикоподшипников с защитными шайбами позволяет отказаться от внутренних крышек и тем самым упростить сборку.

После запрессовки подшипниковых щитов в станину заполняются консистентной смазкой камеры подшипников на две трети объема и лабиринтные канавки наружных крышек, затем подшипниковые щиты с каждой стороны машины закрываются наружными крышками. Скрепив крышки болтами, вывертывают технологическую шпильку и вместо нее ввертывают предусмотренный чертежом крепежный болт.

Последующими сборочными операциями перед испытанием машины являются насадка вентилятора на вал, установка и закрепление кожуха.

Отделка машин после испытания. Под операцией отделки понимают обычно сборочные переходы по установке и закреплению кожуха, зажатие колодкой выводных концов в клеммовой коробке и закрытие ее крышкой, установку шпонок на конец вала и его консервацию, крепление к станине машины заводского щитка.

Приспособления и инструменты, применяемые при сборке. При сборке электрических машин, кроме приспособления для ввода ротора в статор, применяются пневмо- или электроболтоверты для закручивания болтов. В условиях массового производства при сборке машин на конвейерах пневмоболтоверты оснащаются насадками, которыми закручиваются не по одному, а одновременно все болты, крепящие крышку или щит.

Для измерения зазора используется набор щупов, представляющих собой тонкие закаленные пластины шириной до 8 мм и длиной, позволяющей измерить зазор между ротором и статором на всей длине пакета.

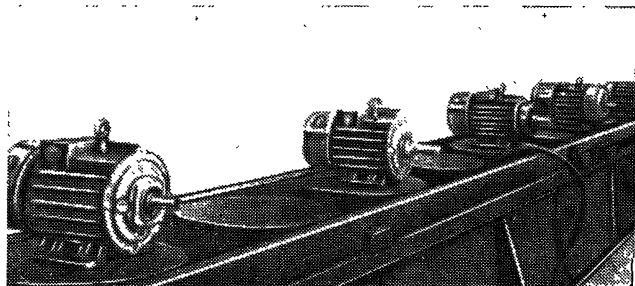


Рис. 18-8. Конвейер для сборки крановых электродвигателей

Щупы обычно изготавливаются в инструментальных цехах заводов. Толщина их устанавливается в зависимости от величины зазора машины, для проверки которого они предназначены, а разница в соседних размерах щупов по толщине составляет 0,05 мм.

Конвейерная сборка. В условиях массового и крупносерийного производства электрические машины собираются на конвейерах. Конструкции конвейеров бывают различными.

Транспортерная лента конвейера сборки электродвигателей средней мощности изготавливается из металлических пластин или дисков (рис. 18-8) и чаще всего имеет периодическое перемещение.

Запрессовка подшипниковых щитов в станину выделяется в отдельную операцию и производится с помощью пневматических или гидравлических прессов, встроенных в линию.

В конструкциях некоторых прессов для запрессовки подшипниковых щитов предусмотрено устройство для подачи консистентной смазки в камеру подшипников в процессе запрессовки щитов.

Технологический процесс сборки на конвейере, например электродвигателей единой серии АО2 5-го габарита, состоит из следующих операций:

- 1) запрессовки пакета с обмоткой в станину;
- 2) проточки замков статора на полуавтомате;
- 3) ввода ротора в статор;

- 4) установки на вал внутренних крышек;
- 5) запрессовки подшипниковых щитов в станину с одновременной запрессовкой подшипников на вал и в подшипниковый щит в холодном состоянии;
- 6) установки наружных крышек подшипников;
- 7) ввертывания болтов, крепящих подшипниковые щиты и крышки.

Первые две операции сборки выполняются на отдельном оборудовании, установленном рядом с конвейером.

§ 18-6. Общая сборка электрических машин постоянного тока

Последовательность общей сборки. Технологический процесс сборки электрических машин постоянного тока отличается от процесса сборки машин переменного тока. Машины с неразъемной станиной (рис. 18-9) собираются в следующей последовательности. Вначале подготавливают к сборке якорь, индуктор и подшипниковые щиты.

Собственно сборка электрической машины начинается с запрессовки в станину переднего щита (со стороны коллектора). Затем в индуктор вводят якорь и запрессовывают задний щит, устанавливают комплект щеток и электродвигатель передают на испытание. Завершающими операциями являются отделка и окраска электрической машины.

Подготовка к общей сборке сборочных единиц. Я к о р ь. С помощью горизонтального гидравлического прессы в холодном состоянии на вал напрессовывается вентилятор. На оба конца вала надевают внутренние крышки, со стороны привода напрессовывается шарикоподшипник, а с противоположной стороны, разобрав роликподшипник, напрессовывают только внутреннее кольцо.

Шарикоподшипник запирается на валу втулкой, которая насаживается в горячем состоянии, предварительно нагретая в печи до температуры 130—150°.

На наружное кольцо подшипника напрессовывается подшипниковый щит, в подшипник закладывают консистентную смазку и подшипник закрывают наружной крышкой. В таком виде якорь подготовлен к вводу в индуктор.

И н д у к т о р. Сборка индуктора заключается в установке в станину главных и дополнительных полюсов с катушками, соединения их по схеме, изолировки межкатушечных соединений и проверки правильности соединения.

Перед установкой в станину сердечники главных и дополнительных полюсов с помощью пневматического прессы запрессовывают в их катушки.

Для предохранения от истирания изоляции катушки о сердечник между сердечником и катушкой перед запрессовкой прокладывают металлические фланцы. Установка в индуктор сердечников полюсов с катушками небольшого веса не представляет особых затруднений. Лево́й руко́й сборщик поддерживает в индукторе

990⁺⁵

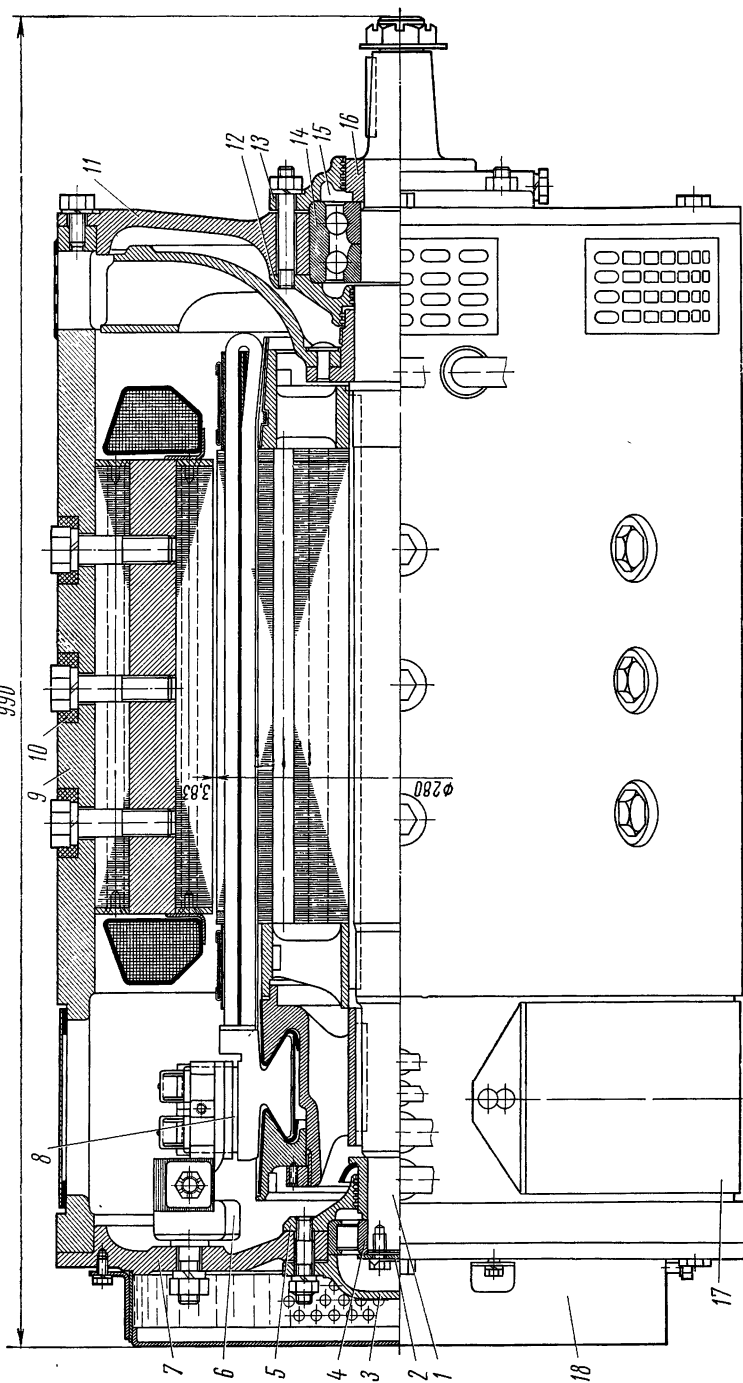


Рис. 18-9. Общий вид тигрового электродвигателя:

1 — якорь; 2 — шайба; 3, 5, 12, 13 — крышки подшипников; 4, 14 — подшипники; 6 — щеткодержатель; 7, 11 — подшипниковые щиты; 8 — щетки; 9 — индуктор; 10 — замазка; 15 — смазка жировая; 16 — втулка; 17 — крышка; 18 — кожух

сердечник с катушкой, а правой вставляет в отверстия станины болты и ввертывает их в сердечник полюса.

Тяжелые полюса при установке в индуктор поддерживаются с помощью местных подъемников или мостового крана.

На заводе «Электротяжмаш» (г. Харьков) для поддержания и ввода в индуктор дополнительных полюсов пользуются специальным приспособлением, представляющим собой крестовину с центральным стержнем в середине, за который оно подвешивается на крюк крана. Дополнительные полюса устанавливаются на крестовину вокруг центрального стержня и вместе с приспособлением вводятся в станину. С помощью такого приспособления удобно устанавливать полюса в станину.

После установки полюсов расстояние между ними проверяют контрольными штихмасами.

Катушки главных и дополнительных полюсов между собой и с выводными кабелями соединяют согласно схеме, свертывая их наконечники болтами с шайбой и гайкой.

Межкатушечные соединения и соединение концов катушек с выводами изолируются несколькими слоями стеклолакоткани и стеклянной ленты.

Изоляция выводных кабелей в местах входа и выхода из станины машины предохраняется резиновыми втулками, которые надевают на кабель.

У собранного индуктора, подключив обмотку возбуждения к источнику постоянного тока, проверяют полярность полюсов компасом.

П о д ш и п н и к о в ы й щ и т. До сборки подшипникового щита со станиной на щит стороны коллектора устанавливается и соединяется по схеме комплект щеткодержателей, а если на якоре предусмотрен роликподшипник, то в щит запрессовывается наружное кольцо его.

Щеткодержатели на подшипниковом щите закрепляют в определенном месте и при этом выдерживают жесткий допуск на расстояние их относительно друг друга и оси щита.

Если щеткодержатели закреплены на отдельных пальцах, то их положение определяется отверстиями под пальцы, которые сверлят в щите по кондуктору.

При креплении щеткодержателей на кольцевой поворотной траверсе установку их на траверсу удобнее производить с помощью приспособлений (рис. 18-10).

Сборка щеткодержателей происходит в следующей последовательности. В каждый из четырех щеткодержателей 2 вставляют вилку 3, выполненную по размерам паза под щетку, вместе с вилками щеткодержатели устанавливают в приспособление и эксцентриками 8 через оси 7 прижимают к оправке 1.

При этом вилки своими концами входят в пазы оправки, изготовленные с более жесткими допусками на взаимное расположение, чем щеткодержатели на траверсе.

В заточку втулки 6 устанавливают изолирующую траверсу 5, к которой винтами 4 привертывают щеткодержатели.

Сборка машины. После того как собраны сборочные единицы, приступают к сборке машины.

В отличие от сборки электрических машин переменного тока подшипниковые щиты в индуктор машин постоянного тока за-

прессовывают поочередно.

Вначале в индуктор со стороны коллектора запрессовывают передний подшипниковый щит с собранными на нем деталями.

Для выполнения этой операции станину устанавливают в вертикальное положение, щит вставляют в индуктор, в отверстие станины ввертывают ручную на несколько ниток болты.

Затягивая поочередно болтовертом болты, расположенные диаметрально противоположно, щит запрессовывают в станину.

Ввод якоря в индуктор и запрессовку заднего щита в станину можно производить как при вертикальном, так и горизонтальном расположении индуктора.

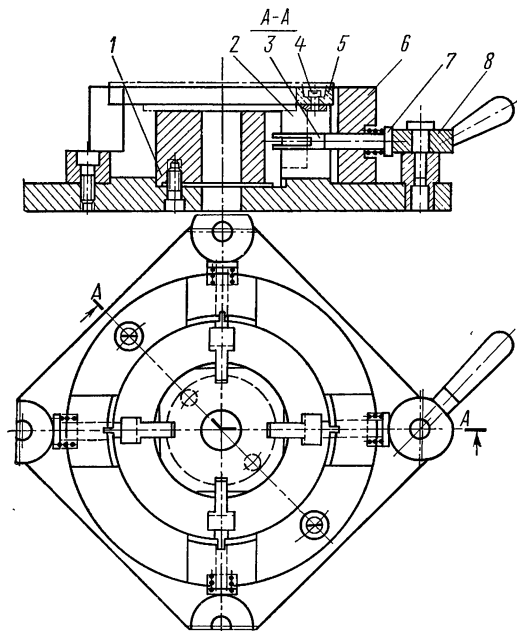


Рис. 18-10. Приспособление для сборки траверз со щеткодержателями

При сборке машины в вертикальном положении якорь в индуктор вводится с помощью крана, которым вал захватывается за подъемное кольцо, накручиваемое на резьбовой конец вала якоря.

Подшипниковый щит в станину запрессовывается также за счет затяжки болтов, крепящих щит к станине. При сборке в горизонтальном положении щит в станину не запрессовывается, а свободно вставляется, так как перед этим горловину станины разогревают специальным индукционным нагревателем.

Таким способом собираются на заводе «Электротяжмаш» тяговые тепловозные электрические машины. Для ввода якоря в индуктор применяется приспособление, конструкция которого аналогична приспособлению для ввода ротора в статор.

По данным завода, сборка машин в горизонтальном положении с применением разогрева горловины станины более производительна, чем сборка в вертикальном положении.

Отделка электрической машины.

Отделка машины производится до и после испытания машины. Непосредственно после сборки устанавливают комплект щеток; в роликоподшипник со стороны коллектора закладывают смазку и щит закрывают крышкой. Таким образом, электрическую машину подготавливают к испытанию.

После испытания коллекторные люки станины закрывают крышками; на конец вала наворачивают гайку и устанавливают шпонку; конец вала смазывают антикоррозионной смазкой, обертывают бумагой и обвязывают бечевкой; на концы выводных кабелей закрепляют ярлычки согласно схеме соединений; сверлят отверстия для крепления заводского щитка и щиток заклепками прикрепляют к станине. После операции окраски электрическую машину отправляют на склад.

Особенности сборки электродвигателей с разъемной станиной. Для удобства сборки, ухода и ремонта в процессе эксплуатации крупные машины постоянного тока изготавливают с разъемной станиной. На рис. 18-11 показан общий вид такого двигателя.

Основное отличие (обусловленное конструкцией) сборки электродвигателей с разъемной станиной в сравнении с обычными двигателями заключается в установке якоря и подшипниковых щитов в станину.

Сборку двигателя начинают с установки полюсов в каждую из половин станины.

Благодаря тому что станина индуктора разъемная, установка якоря и щитов в индуктор не представляет затруднений.

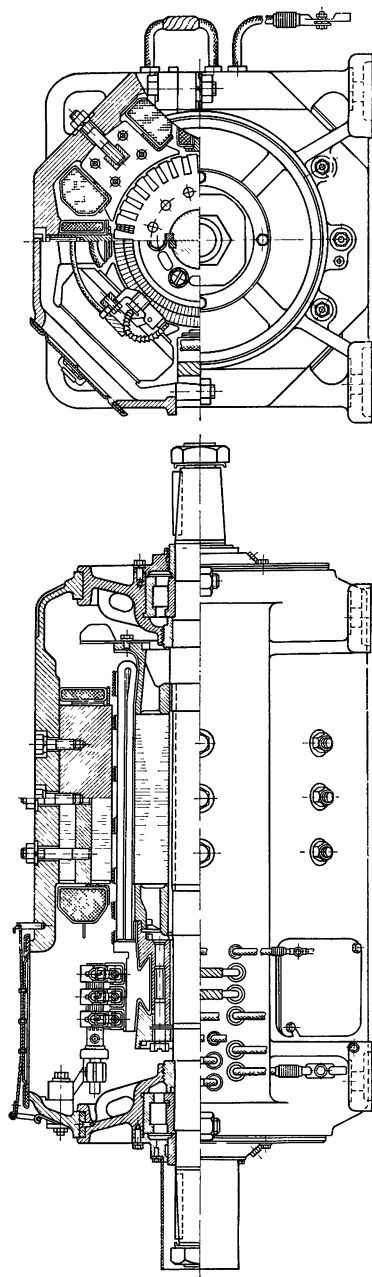


Рис. 8-11. Крановый электродвигатель постоянного тока серии ДП с разъемной станиной

В процессе сборки якоря оба подшипниковых щита с запрессованными в них наружными кольцами роликоподшипников устанавливают на якорь.

После установки полюсов в нижнюю часть станины и соединения их по схеме на нижнюю часть накладывают якорь с подшипниковыми щитами.

Все это затем сверху накрывают второй половиной индуктора и половинки станины скрепляют между собой болтами.

В поперечном направлении одна половина станины относительно другой центрируется замковым соединением (в нижней половине имеется продольный паз, а в верхней выступ), а в продольном направлении положение обеих половинок определяется ребрами подшипниковых щитов.

§ 18-7. Окраска и сушка деталей и собранных электрических машин

Для защиты металлических деталей электрических машин от воздействия внешней среды, вызывающей коррозию, их поверхности покрывают различными лакокрасочными материалами, образующими защитную пленку. У электрических машин окрашивают наружные поверхности станин, все непосадочные поверхности подшипниковых щитов и крышек, поверхности кожуха вентилятора, пакета ротора и другие детали.

Процесс нанесения покрытия состоит из нескольких операций. К ним относятся подготовительные операции, включающие в себя очистку окрашиваемой поверхности, ее грунтовку и при необходимости шпаклевку; операции нанесения лакокрасочных материалов и последующей сушки окрашенной поверхности.

В качестве лакокрасочных материалов для окраски электрических машин применяют различные лаки и эмали. *Лаки* представляют собой жидкости, состоящие из нелетучих веществ (называемых пленкообразователями) и из летучего растворителя. В качестве растворителей применяют ксилол, толуол, бензин, сольвент.

Пленкообразующие вещества — это природные или синтетические продукты, способные в тонком слое образовать прочную пленку. Наиболее распространенными из них являются растительные масла, смолы натуральные (особенно канифоль) и синтетические.

Смеси лаков с сухими нерастворимыми минеральными красками (пигментами) называются *эмалями*.

Минеральные краски — различные цветные руды, глины, минералы.

Качественное покрытие получается при нанесении на окрашиваемую поверхность слоя лака или эмали за два — три раза. В этом случае поверхность детали хорошо прокрашивается, а пленка, образующаяся после сушки, получается более прочной, чем при нанесении той же толщины за один раз; слой наносимого лака или эмали должен быть не более 20 мкм. После каждой окраски окрашиваемые поверхности подвергают сушке.

Подготовка поверхности к окраске. С поверхности, подлежащей окраске, необходимо удалить продукты коррозии, пленки окислов, минеральные масла и другие загрязнения.

Для лучшего сцепления лакокрасочного материала с металлом окрашиваемая поверхность должна быть несколько шероховатой, а для получения хорошего внешнего вида после окраски — ровной.

В зависимости от характера и степени загрязнения поверхности применяют механический, химический и другие методы очистки.

Механические методы очистки применяются для удаления ржавчины и пленок окислов. Существует несколько способов механической очистки деталей. Самой простой и распространенной является очистка поверхностей ручным и механизированным инструментом с помощью металлических щеток, шкурки, наждачных камней.

Однако такая подготовка поверхности малопроизводительна и требует значительных физических усилий.

Более эффективным и производительным способом является очистка с помощью струи металлической дробь, которой в специальных камерах обдувается очищаемая деталь. Применяется она большей частью для очистки поверхностей литья. Детали с обработанными поверхностями металлической дробью обдувать нельзя, так как на них дробь оставляет следы и поверхность становится шероховатой.

К химическим методам относятся обезжиривание, травление, ультразвуковая очистка.

Обезжиривание — процесс удаления жировых и масляных загрязнений органическими растворителями или растворами щелочей и щелочных солей. Детали перед окраской обезжиривают щелочными растворами в специальных моечных машинах конвейерного или тупикового типа.

Иногда детали обезжиривают, промывая их в бензине. Такой метод обезжиривания не может быть рекомендован из-за повышенной пожароопасности.

При *травлении* растворами кислот или кислых солей с поверхности обрабатываемых деталей удаляются окислы.

Ультразвуковая очистка деталей основана на действии переменных давлений, возникающих в жидкости под воздействием ультразвуковых колебаний. Эти давления возникают в результате собственно колебаний жидкости и вследствие кавитации. За счет амплитуды колебаний давление жидкости достигает нескольких атмосфер, и этого бывает достаточно для отрыва частиц загрязнений, слабо сцепленных с поверхностью детали.

В физическом понимании кавитация — нарушение, разрыв сплошности потока жидкости с образованием в нем пустоты, в которую выделяются пузырьки насыщенного пара и растворенных в воде газов.

Конденсация газопаровых пузырьков кавитации, попадающих позже в область с нормальным или повышенным давлением, сопровождается смыканием поверхностей пузырьков (т. е. их сжатием)

и, как следствие этого, повышением давления. Смыкание поверхностей газовых пузырьков вызывает местные гидравлические удары. Этими ударами сбиваются загрязнения с очищаемых деталей.

Ультразвуковая очистка производится в специальных ваннах, наполненных моющими жидкостями. В дно ванны встраиваются мембраны магнестрикционных преобразователей, соединенных с генератором ультразвуковой чистоты. Одна из таких ванн показана на рис. 18-12.

Принцип действия магнестрикционных преобразователей основан на способности некоторых ферромагнитных материалов (ни-

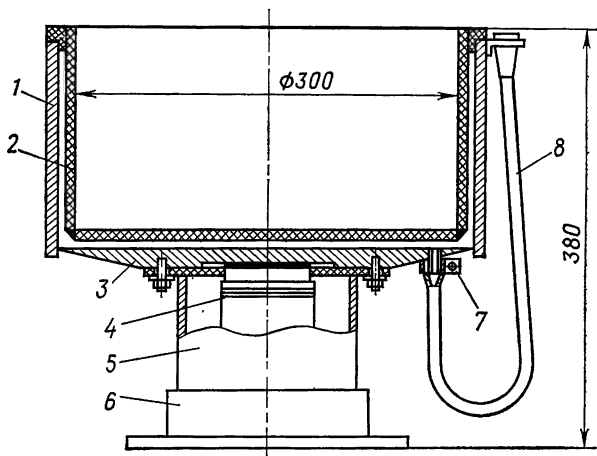


Рис. 18-12. Ультразвуковая ванна:

1 — наружная ванна; 2 — перфорированная внутренняя ванна из винипласта; 3 — мембрана; 4 — пакет; 5 — бачок; 6 — подставка; 7 — нипель; 8 — трубка для слива жидкости

келя, сплавов кобальта с железом и др.) изменять свои геометрические размеры (удлиняться или укорачиваться в направлении приложенного магнитного поля).

Магнитное поле создается навитой на пакет преобразователя обмоткой, по которой протекает от генератора переменный ток. В результате колебаний мембраны преобразователя в жидкости возбуждаются ультразвуковые колебания. Сочетание действия ультразвукового поля с действием моющей жидкости в десятки раз ускоряет процесс очистки деталей.

В ультразвуковых ваннах с поверхности деталей удаляются жировые и масляные загрязнения, оксидные пленки и нагар.

Аппаратура ультразвуковых установок сравнительно дорога, поэтому экономически целесообразно применение ультразвуковой очистки небольших по размеру деталей в условиях крупносерийного и массового производства.

Для защиты от коррозии и обеспечения прочного сцепления с наносимым слоем лака или эмали поверхность металла грунтуют

(слой грунтовки в жидком виде наносят на предварительно очищенную поверхность).

Литые чугунные и стальные станины, подшипниковые щиты и крышки целесообразнее всего грунтовать в литейных цехах сразу после очистки литья дробью. У подготовленных таким образом заготовок поверхности, не подлежащие обработке, хорошо предохраняются от коррозии в процессе хранения и обработки. Такие станины перед окраской обычно не требуют зачистки.

Для сглаживания поверхностей служит *шпаклевка*. Шпаклевкой можно выровнять поверхности с небольшими по глубине неровностями, так как большой слой шпаклевки снижает прочность покрытия. Шпаклевка готовится в виде пасты из тонкомолотого порошка мела, известиили гипса с лаковым или масляным связующим. Наносится она на загрунтованную поверхность стальными шпателями (лопаточками) слоями не более 0,5 мм с последующей просушкой каждого слоя.

Перед нанесением лакокрасочных материалов шпаклеванную поверхность шлифуют шкуркой.

Методы нанесения лакокрасочных материалов. Существуют следующие методы нанесения лакокрасочных покрытий:

- пневматическое распыление;
- пневматическое распыление подогретых лакокрасочных материалов;
- бесвоздушное распыление под большим давлением с подогревом;
- окраска изделий в электрическом поле высокого напряжения (электроокраска);
- окраска изделий струйным обливом.

Пневматическое распыление. При этом методе лакокрасочные материалы дробятся сжатым воздухом и тонким слоем наносятся на поверхность изделия. Этот метод является наиболее распространенным методом окраски.

Окрашиваются изделия в окрасочных камерах (рис. 18-13) с водяной завесой. Камера имеет спереди открытый проем, через который производится окрашивание, загрузка и выгрузка изделий.

Рабочий, производящий окрашивание, находится вне камеры.

Окрашиваемое изделие устанавливается на поворотный стол 13, позволяющий производить окраску изделия со всех сторон краскораспылителем.

Камера может быть оборудована монорельсом для окраски изделий в подвешенном состоянии, если это необходимо.

В поточно-массовом производстве окрасочные камеры делаются проходными, через них непрерывно или периодически перемещается конвейерная лента или цепь с изделиями, подлежащими окраске.

Для создания надлежащих санитарно-гигиенических условий (отсоса окрасочного тумана и паров растворителей) камеры оборудованы системой вентиляции.

Увлажненный воздух, отсасываемый из камеры в атмосферу, проходит через гидрофильтр 4 и сепаратор 6, в которых он освобождает

дается от водяных капель и частиц краски, проникших через разрывы водяной завесы.

При пневматическом распылении не вся краска попадает на изделие. Излишки ее оседают на краскоулавливающей решетке 12, а проникая за решетку краска уносится водяной завесой в ванну 2.

Водяная завеса создается струями воды, выходящими из форсунок 7.

Краскоулавливающие решетки покрывают тавотом для лучшего улавливания краски из красковоздушной струи и облегчения последующей периодической очистки решетки от краски.

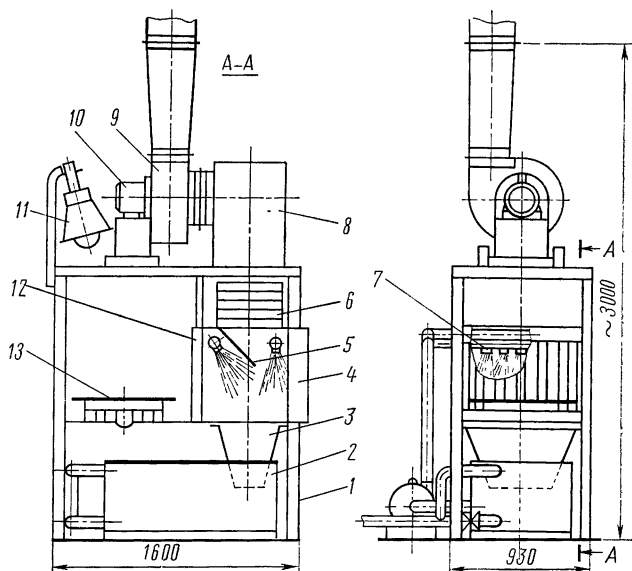


Рис. 18-13. Окрасочная камера тупикового типа для окраски небольших изделий:

1 — корпус камеры; 2 — ванна; 3 — патрубок водяного затвора; 4 — гидрофильный; 5 — разделительный щит; 6 — сепаратор; 7 — форсунка; 8 — воздухосборник; 9 — вентилятор; 10 — электродвигатель; 11 — светильник; 12 — краскоулавливающая решетка; 13 — поворотный стол

Циркулирующая в гидросистеме вода, прежде чем попасть в насос для подачи в форсунки, очищается сетчатым фильтром, установленным на конце трубы.

В верхней части ванны имеются отстойные перемычки, задерживающие доступ легких и тяжелых частиц краски к сетчатому фильтру.

При большом загрязнении ванны часть загрязненной воды сливается из ванны в фильтры-отстойники и затем спускается в канализацию, а в ванну добавляется свежая вода из водопровода.

Окраска изделий в камере производится с помощью специального краскораспылителя, который рабочий держит в руке, направляя струю краски последовательно по всей поверхности изделия.

На рис. 18-14 показана схема установки для пневматического распыления. Сжатый воздух из сети, прежде чем попасть в краскораспылитель, проходит через масловлагоотделитель, в котором он очищается от паров воды и масла.

Пневматическое распыление производителнее окраски кистью в четыре — шесть раз и при этом качество покрытия выше.

К недостаткам метода пневматического распыления относятся потери краски на туманообразование (от 20 до 40%); необходимость

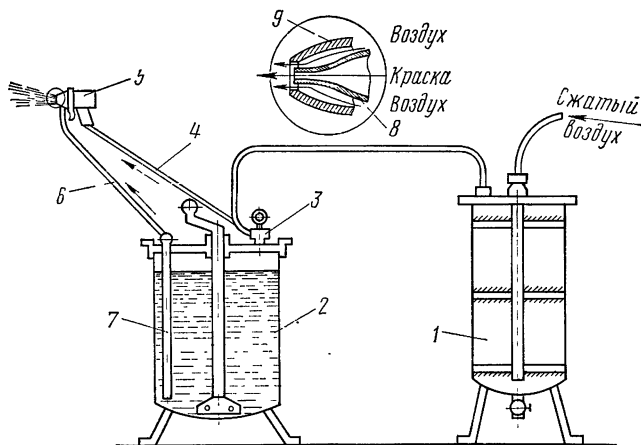


Рис. 18-14. Схема установки для пневматического распыления:

1 — масловлагоотделитель; 2 — красконагнетательный бак; 3 — редуктор; 4 — шланг для подачи сжатого воздуха к краскораспылителю; 5 — краскораспылитель; 6 — шланг для подачи лакокрасочного материала к краскораспылителю; 7 — трубка для забора лакокрасочного материала из бака; 8 — материалное сопло; 9 — воздушное сопло

устройства специальных окрасочных камер с вентиляцией; применение большого количества растворителей для разведения краски до необходимой вязкости, что не позволяет получить покрытие за одну окраску.

Пневматическое распыление подогретых лакокрасочных материалов. Если подогреть лакокрасочный материал, то вязкость и поверхностное натяжение его снизятся, что позволит распылять эти материалы с меньшим количеством растворителей, чем при холодном распылении.

Подогрев лакокрасочных материалов (до 80°) производится в специальных аппаратах (типа УГО-2МВ и УГО-4), а для распыления могут быть использованы краскораспылители, применяемые при холодном распылении.

В сравнении с обычным пневматическим распылением этот метод имеет следующие преимущества:

1) возможность применения материалов с высокой вязкостью и повышенным содержанием сухого остатка;

- 2) уменьшение расхода растворителей (до 40%);
- 3) сокращение количества слоев окраски за счет увеличения их толщины.

Безвоздушное распыление под большим давлением с подогревом. Метод безвоздушного распыления основан на распылении лакокрасочного материала за счет превращения потенциальной энергии в кинетическую. При этом методе нагретый до 50—100° лакокрасочный материал под давлением 4—6 Мн/м² (40—60 кг/см²) подают к соплу. При выходе из него вследствие большого перепада давления легколетучая часть растворителя, входящая в лакокрасочный материал, мгновенно испаряется, это сопровождается огромным увеличением объема (в 1500—1800 раз) и дроблением лакокрасочного материала.

Основные преимущества метода безвоздушного распыления перед пневматическим:

- а) сокращение расхода лакокрасочных материалов (на 25—30%) за счет уменьшения потерь на туманообразование;
- б) уменьшение расхода растворителей, так как можно применять краски с повышенной вязкостью;
- в) возможность окраски изделий вне окрасочных камер (при наличии местной вытяжной вентиляции для удаления паров растворителей);
- г) сокращение продолжительности цикла окраски за счет уменьшения слоев лакокрасочного материала;
- д) получение более равномерного по толщине покрытия и с хорошим блеском.

Нанесение лакокрасочных материалов безвоздушным методом производится с помощью специальных установок.

Окраска изделий в электрическом поле высокого напряжения. Метод электроокраски, широко применяемый для окраски электрических машин в условиях массового производства, основан на способности частиц лакокрасочного материала, получивших отрицательный заряд, двигаться по силовым линиям постоянного электрического поля и осаждаться на изделии, имеющем положительный заряд.

Подвешенные на конвейере, с помощью которого они транспортируются через камеры, изделия окрашиваются в электроокрасочных камерах.

Конвейер, а вместе с ним и изделие заземляются. Отрицательный заряд частицы краски получают или при выходе из электростатического распылителя с острой кромки его (рис. 18-15, а), или в электрическом поле высокого напряжения после выхода из пневматического или безвоздушного распылителя (рис. 18-15, б).

В первом случае перенесение заряженных частиц на окрашиваемое изделие производится под действием электрического поля, а во втором случае добавляется действие механических сил от распылителя.

К преимуществам метода электроокраски в сравнении с пневматическим распылением относятся: уменьшение расхода лакокрасоч-

ного материала (на 30—70%), возможность комплексной механизации и автоматизации процесса окраски; резкое улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

Недостатком метода является неполное окрашивание изделий сложной конфигурации, имеющих глубокие впадины, сложные сопряжения, внутренние поверхности. В этих случаях требуется дополнительная ручная подкраска, например между ребрами электрических машин.

В последние годы для окрашивания крупногабаритных изделий, а также изделий, выпускаемых мелкими сериями, стали применяться ручные электростатические распылители.

Схема установки для ручного окрашивания показана на рис. 18-16.

Окраска изделий струйным обливом с последующей выдержкой в парах растворителей. Окраска изделий указанным методом заключается в том, что после обливания (или окунания) изделие транспортируется конвейером через туннель, заполненный определенным количеством паров того же растворителя, что и в лакокрасочном материале.

Во время пребывания изделия в туннеле с парами растворителя излишки лакокрасочного материала стекают с его поверхности и слой краски становится ровным. Это происходит благодаря тому, что пребывание окрашенной детали в среде паров растворителя замедляет испарение растворителя из нанесенного слоя, тем самым создаются условия для равномерного разлива лакокрасочного материала по всей поверхности изделия. Установка, в которой происходит окрашивание изделий струйным обливом, представляет собой проходной туннель; через него подвесным конвейером со скоростью не более 2,5 м/мин транспортируются окрашиваемые изделия.

Туннель, сварной каркас которого обшит листовой сталью, показан на рис. 18-17.

В камеру обливания лакокрасочный материал из бака подается к соплам по трубопроводам насосной установкой.

Образование паров в паровом туннеле происходит за счет испарения растворителей с окрашенных изделий и со сточных лотков.

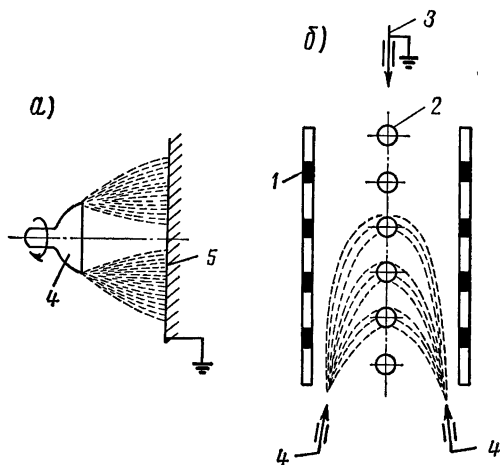


Рис. 18-15. Принципиальные схемы способов электроокраски:

a — пневматическое распыление лакокрасочного материала; *b* — распыление лакокрасочного материала с помощью чашечных электрораспылителей: 1 — электродные сетки; 2 — окрашиваемые изделия; 3 — конвейер; 4 — распылитель; 5 — заземленное изделие

Их взрывобезопасная концентрация поддерживается автоматически за счет выброса излишков паров в атмосферу циркуляционно системой вентиляции.

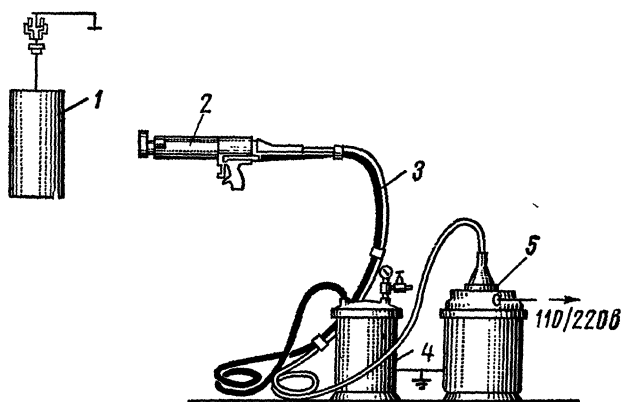


Рис. 18-16. Схема установки для ручного электроокрашивания:

1 — окрашиваемое изделие; 2 — распылитель-пистолет; 3 — соединительные кабели и шланги; 4 — дозатор лакокрасочного материала; 5 — электростатический генератор

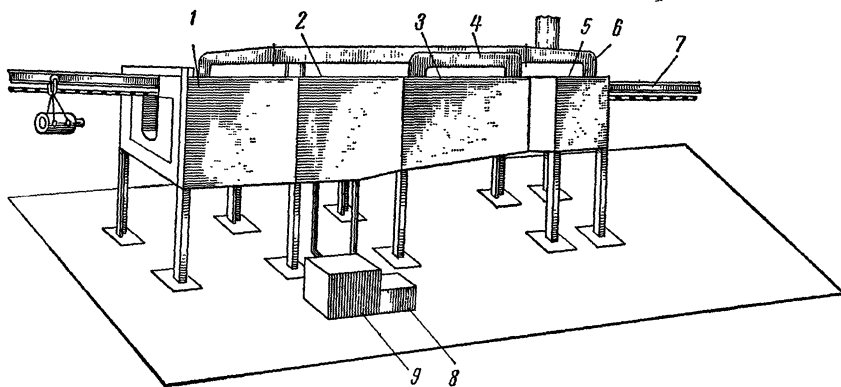


Рис. 18-17. Схема установки для окрашивания струйным обливом с последующей выдержкой в парах растворителей:

1 — входной тамбур; 2 — камера обливания; 3 — паровой туннель; 4 — рециркуляционная вентиляция; 5 — выходной тамбур; 6 — вытяжная вентиляция; 7 — подвижный конвейер; 8 — насосная установка; 9 — бак с лакокрасочным материалом

Время пребывания изделий в паровом туннеле колеблется в пределах 5—15 мин; оно зависит от применяемого лакокрасочного материала и его вязкости, конфигурации окрашенных изделий, концентрации паров растворителей.

Применение описанного метода окраски изделий позволяет повысить производительность труда, улучшить качество окрашиваемой

поверхности, создать возможность одновременного окрашивания деталей различных размеров и конфигураций.

Сушка окрашенных деталей и машин. После окраски изделия подвергаются сушке для получения прочной пленки, хорошо сцепленной с материалом изделия.

Сушка покрытий может быть естественной и искусственной. Естественная сушка происходит на воздухе при температуре в помещении цеха не ниже $+12^{\circ}$ и применяется для изделий, покрытых лакокрасочными материалами, образующими пленку за счет удаления летучих растворителей (нитролаки, нитроэмали).

Искусственной сушке при повышенной температуре в специальных печах подвергаются изделия, покрытые лакокрасочными материалами, образующими пленку в результате полимеризации.

Физическая сущность процесса сушки описана в гл. XV.

Для окраски деталей и собранных машин организуются окрасочные участки, отделения или цеха.

Участки создаются для окраски деталей или выполнения отдельных промежуточных операций окрашивания, например участок грунтовки литья.

Окраска собранных машин является завершающим этапом их изготовления, поэтому окрасочные отделения располагаются в конце технологического потока цеха.

В условиях массового производства при значительном объеме малярных работ окрасочные отделения могут быть выделены в окрасочные цеха.

В крупносерийном и массовом производствах окраска собранных электрических машин производится на малярно-сушильных конвейерах.

Техника безопасности и производственная санитария при окраске изделий. Сушильные камеры, малярно-сушильные конвейеры и помещения, в которых они расположены, должны удовлетворять требованиям пожаро- и взрывобезопасности и производственной санитарии. Эти требования изложены в соответствующих инструкциях и правилах.

Они аналогичны требованиям, предъявляемым к сушильно-пропиточным отделениям, изложенным в гл. XV.

Кроме того, особенности производства окрасочных работ диктуют следующие требования.

Приготовление смесей растворителей и разбавление ими составов лаков и красок должны производиться в хорошо вентилируемых специальных краскозаготовительных отделениях.

В окрасочном отделении лакокрасочные составы следует хранить в закрытой таре и доставлять к рабочему месту в готовом для употребления виде. Количество их должно быть ограничено и может быть не более сменного расхода.

Недопустимо хранение пустой тары из-под лакокрасочных материалов в рабочих помещениях. После работы кисти, щетки и краско-

распылители должны быть очищены, хранят их в плотно закрытой таре или вентилируемых шкафах.

Промасленные тряпки и ветошь после использования необходимо удалять из помещения, так как хранить их в малярном отделении опасно. Промасленные тряпки и ветошь, сложенные в кучу даже в небольшом количестве, приобретают способность к самовозгоранию, кроме того, испарения с них растворителей загрязняют воздух помещения.

Выполнять малярные работы необходимо в спецодежде, которую следует стирать не реже одного раза в декаду и своевременно ремонтировать.

В составе санитарно-бытовых помещений окрасочных цехов и отделений должны быть свои гардеробные, умывальные и душевые помещения.

Для курения отводятся специальные помещения.

ГЛАВА XIX

ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 19-1. Общие вопросы

Каждая электрическая машина, изготовленная предприятием, должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к ней стандартами или техническими условиями.

Для машин общепромышленного применения переменного и постоянного тока с номинальной мощностью свыше 50 *вт* общие технические требования устанавливаются ГОСТ 183—66.

Требования, предъявляемые к машинам специального назначения, изложены в других стандартах. Например, к тяговым электрическим машинам постоянного и пульсирующего тока технические требования предусмотрены ГОСТ 2582—66.

Допуски на установочно-присоединительные размеры и методы проверки этих величин указаны в ГОСТ 8592—66.

Для определения соответствия требованиям стандарта производится контроль и испытание собранной электрической машины. Программа испытаний электрических машин общепромышленного применения предусмотрена ГОСТ 183—66, а общие методы испытаний по этой программе указаны в ГОСТ 11828—66.

Методы испытаний отдельных видов машин устанавливаются соответствующими стандартами. Так, методы испытаний электродвигателей трехфазных асинхронных машин мощностью от 100 *вт* и выше изложены в ГОСТ 7217—66, а машин постоянного тока — в ГОСТ 10159—62.

Согласно стандарту испытания электрических машин разделяются на типовые и контрольные.

Типовые испытания — испытания электрических машин, отобранных из серийных партий, с целью проверки всех требований

к машинам, указанных в стандарте или в технических условиях на эти машины.

Срок проведения типовых испытаний и количество машин, отбираемых для этих испытаний, устанавливается в стандартах, а при отсутствии стандартов — в технических условиях на эти машины.

Типовым испытаниям подвергаются в первую очередь головные образцы вновь создаваемых электрических машин.

Необходимость в проведении типовых испытаний возникает также в случае значительного изменения технологии изготовления электрической машины, которое может повлиять на ее качество и работоспособность.

Контрольные испытания электрических машин — испытания, которым подвергается каждая электрическая машина, выпускаемая предприятием-изготовителем.

При контрольных испытаниях проверяются наиболее важные данные машины, такие, как механическая прочность вращающихся частей, электрическая прочность и величина сопротивления изоляции, рабочие характеристики машины. В связи с этим программа контрольных испытаний меньше, чем типовых.

§ 19-2. Программа контрольных испытаний электрических машин по ГОСТ 183—66

Ниже приводится перечень испытаний, которым подвергается каждый из видов машин:

а) измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками;

б) измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии;

в) испытание при повышенной скорости вращения;

г) испытание изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками на электрическую прочность;

д) испытание межвитковой изоляции обмоток на электрическую прочность.

Кроме того, у каждого вида машин постоянного тока (генераторы, двигатели и возбудители):

а) определяют величину тока возбуждения генератора или скорость вращения электродвигателя при холостом ходе (для двигателей с последовательным возбуждением опыт проводят при независимом возбуждении);

б) проверяют номинальные данные машины (мощность, напряжение, ток, скорость вращения, коэффициент полезного действия);

в) проверяют коммутацию при номинальной нагрузке и кратковременной перегрузке.

У синхронных машин (генераторы, двигатели, компенсаторы) определяют характеристики холостого хода и характеристики установившегося трехфазного короткого замыкания (трехфазных машин) или однофазного короткого замыкания (однофазных машин).

У асинхронных двигателей определяют коэффициент трансформации (для двигателей с фазным ротором), величину тока и потери холостого хода; величину тока и потери короткого замыкания.

§ 19-3. Методы испытаний

Ниже рассматриваются установленные ГОСТ 11828—66 методы испытания параметров, общих для всех видов машин.

Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками. Измерение сопротивления изоляции обмоток производят до начала испытания машины при температуре обмотки, равной температуре окружающей среды.

Для измерения сопротивления изоляции применяются мегомметры на 500 в для электрических машин с номинальным напряжением до 500 в включительно и мегомметры на 1000 в для электрических машин с номинальным напряжением свыше 500 в.

Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками производят поочередно для каждой независимой электрической цепи при соединении всех прочих цепей с корпусом машины.

Измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии. Под практически холодным состоянием электрической машины понимается температура любой ее части, отличающаяся от температуры окружающей среды не более чем на $\pm 3^\circ$.

Измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии может производиться одним из следующих методов:

- а) вольтметра и амперметра;
- б) одинарным или двойным мостом.

При измерении сопротивления одинарным мостом к измеряемому сопротивлению обмотки прибавляется сопротивление соединительных проводов и контактов. Во избежание получения большой погрешности применять его для измерения сопротивлений, меньших 1 ом, не допускается. Измерения двойным мостом такого недостатка не имеют.

Во избежание нагрева обмоток при испытаниях не следует принимать величину измерительного тока больше 15—20% номинального тока данной обмотки, а длительность его протекания — более 1 мин. Измерение сопротивления производят непосредственно на выводах обмоток.

Испытание машин при повышенной скорости вращения. Испытание производится с целью определения прочности электрической машины при аварийном повышении скорости вращения. Испытание при повышенной скорости вращения проводят как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

Многоскоростные электрические машины испытываются при повышенной скорости вращения на наибольшей номинальной скорости.

При испытании скорость вращения плавно повышается до испытательной и поддерживается при ней в течение 2 мин, а затем плавно понижается до полной остановки машины.

Испытательные скорости вращения:

- а) у электродвигателей переменного и постоянного тока с последовательным возбуждением на 20% больше наибольшей, указанной на щитке электродвигателя, но не ниже полуторной номинальной;
- б) у электродвигателей с регулировкой скорости вращения на 20% больше наибольшей, указанной на щитке электродвигателя;
- в) у всех остальных электрических машин на 20% больше номинальной.

Повышение скорости вращения испытуемой машины, работающей в режиме генератора, производится путем соответствующего повышения скорости вращения приводного двигателя.

При работе электрической машины в режиме двигателя скорость вращения у бесколлекторных машин переменного тока увеличивается за счет повышения частоты тока питания.

После испытания необходимо тщательно осмотреть вращающиеся части машины, которые не должны иметь повреждений и остаточных деформаций.

У машин, имеющих коллекторы или контактные кольца, рекомендуется измерять биение этих узлов до и после испытания.

Испытание изоляции обмоток на электрическую прочность относительно корпуса машины, между обмотками и между витками. Испытание изоляции обмоток электрической машины производится практически синусоидальным напряжением с частотой 50 гц, т. е. таким напряжением, у которого коэффициент искажения синусоидальной кривой не превышает 5%.

Величина испытательного напряжения устанавливается ГОСТ 183—66 в зависимости от типа, мощности и номинального напряжения машины. Оно колеблется от 500 до 8000 в (для высоковольтных машин), что превышает номинальное напряжение в 3—10 раз.

Испытательное напряжение должно прикладываться плавно или ступенями, не превышающими 5% его окончательного значения. Согласно стандарту испытание должно начинаться с напряжения, не превышающего одну треть испытательного напряжения, при этом время, допускаемое для его подъема от половинного до полного значения, должно быть не менее 10 сек.

Полное испытательное напряжение выдерживают в течение 1 мин, после чего плавно снижают до одной трети его значения, а затем отключают.

Стандартом для машин мощностью до 10 квт включительно на номинальные напряжения до 525 в при массовом выпуске на конвейере допускается заменять вышеуказанное испытание испытанием в течение 1 сек при напряжении, повышенном на 20% против принятого для обычного испытания.

Испытанию изоляции относительно корпуса подвергают поочередно каждую электрически независимую цепь. Для этого один из

выводов источника напряжения подключают к выводу испытуемой обмотки, а второй — к корпусу машины, который должен быть надежно заземлен, и к нему на время испытания должны быть присоединены все остальные обмотки машины. Годной считается обмотка, у которой при испытании не произошло пробоя изоляции или перекрытия ее скользящими разрядами.

Электрическая прочность изоляции обмотки между смежными витками испытывается повышенным напряжением, при применении которого изоляция должна выдержать испытание в течение 5 мин.

Испытание производят при холостом ходе машины путем повышения подводимого (при испытании в режиме электродвигателя) или генерируемого (при испытании в режиме генератора) напряжения на 30% сверх номинального напряжения.

Для электрических машин постоянного тока с числом полюсов более четырех испытательное напряжение определяется исходя из среднего напряжения между смежными коллекторными пластинами, равного 24 в.

Межвитковая изоляция трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором испытывается при неподвижном и разомкнутом роторе, а у двигателя с короткозамкнутым ротором — при холостом ходе.

§ 19-4. Проверка установочно-присоединительных размеров

Для всех видов электрических машин общепромышленного и специального назначения с подшипниковыми щитами, за исключением машин для особых условий монтажа (например, встраиваемые в механизированный инструмент и вибрационные установки, машин высокой точности и т. п.), ГОСТ 8592—66 устанавливает предельные отклонения от номинальных размеров, форм и расположения установочных поверхностей электрических машин, а также методы проверки этих величин.

Стандарт устанавливает допуски на следующие установочно-присоединительные размеры:

- а) высоту оси вращения вала h (рис. 19-1) и ее непараллельность относительно опорной плоскости машины;
- б) выступающий конец вала;
- в) отверстия и их расположение в лапах для крепления электрических машин (см. рис. 19-1);
- г) сопрягаемые размеры крепительного фланца (рис. 19-2);
- д) отверстия и их расположение на крепительном фланце (см. рис. 19-2).

Величины предельных отклонений от номинальных размеров, форм и расположения указанных установочных поверхностей зависят от исполнения по точности, которых стандарт устанавливает два: нормальное и повышенное. Степень исполнения машины по точности должна быть указана в чертеже или технических условиях,

если такого указания нет, то изготовление электрических машин производится в исполнении нормальной точности.

Проверка высоты оси вращения вала h относительно опорной плоскости машины. Высота оси вращения вала h относительно опорной плоскости машины согласно ГОСТ 8592—66 п. 6.1 определяется от середины выступающего конца вала. Однако ГОСТ 8592—66 не регламентирует ни инструмент, которым должна измеряться эта высота, ни методы проверки.

Измерение размера h может быть произведено с помощью штангенрейсмаса (рис. 19-3, а) или индикатора (рис. 19-3, б). При проверке стойку с индикатором устанавливают на размер по эталону, высота которого равна номинальному значению расстояния образующей вала до контрольной плиты.

Размер h замеряется в трех положениях вала после его поворота примерно через каждые 120° . За результат принимается среднее значение трех измерений.

Размер h определяют как разность между размером h_3 и половиной номинального диаметра вала d . Замерять действительный размер d нет необходимости, так как допуск на его изготовление составляет всего 1,5—5% от допуска на размер h , что не может существенно отразиться на его величине. Размер h можно определить также в процессе проверки параллельности оси вращения опорной плоскости.

Проверка параллельности оси вращения вала относительно опорной плоскости. Согласно стандарту непараллельность оси вращения вала относительно опорной плоскости машины не должна превышать $0,15 : 100$ ($0,15$ мм на длине 100 мм) для исполнения нормальной точности и $0,07 : 100$ — повышенной точности. Для определения

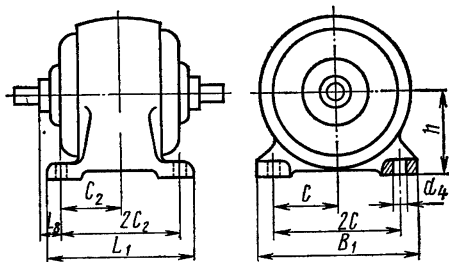


Рис. 19-1. Установочно-присоединительные размеры электрической машины:

C и C_2 — соответственно расстояния между осями отверстий в лапах и осями машины; $2C$ и $2C_2$ — соответственно расстояния между осями отверстий в лапах; и B_1L_1 — соответственно ширина и длина опорной поверхности лап; L_2 — расстояние между опорной плоскостью выступающего конца вала и осью отверстий в лапах; d_4 — диаметр отверстия в лапах; h — высота оси вращения вала

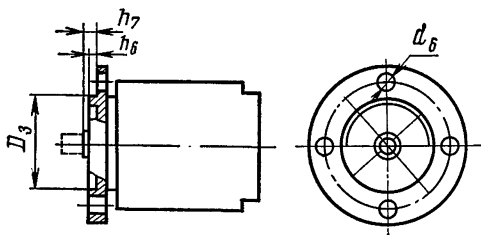


Рис. 19-2. Сопрягаемые размеры крепительного фланца и расположение на нем отверстий (верхняя половина машины показана для исполнения фланца с заточкой, нижняя — для фланца с выточкой)

D_3 — диаметр заточки (выточки) фланца; h_7 — расстояние между опорными поверхностями фланца и выступающего конца вала; h_6 — высота заточки (глубина выточки); d_6 — диаметр отверстия во фланце

непараллельности оси вращения выступающего конца вала измеряют индикатором расстояния h_1 и h_2 от опорной плоскости лап до образующей вала (см. рис. 19-3, б). Размеры h_1 и h_2 замеряют в трех положениях вала после его поворота примерно через каждые 120° , за результатом принимаются средние значения измерений для каждой крайней точки посадочной части выступающего конца вала.

У машин с двумя выступающими концами вала различных диаметров проверку производят по большому диаметру вала.

Ось вращения вала будет непараллельной в том случае, если размеры h_1 и h_2 будут различны. Их разность, отнесенная к длине

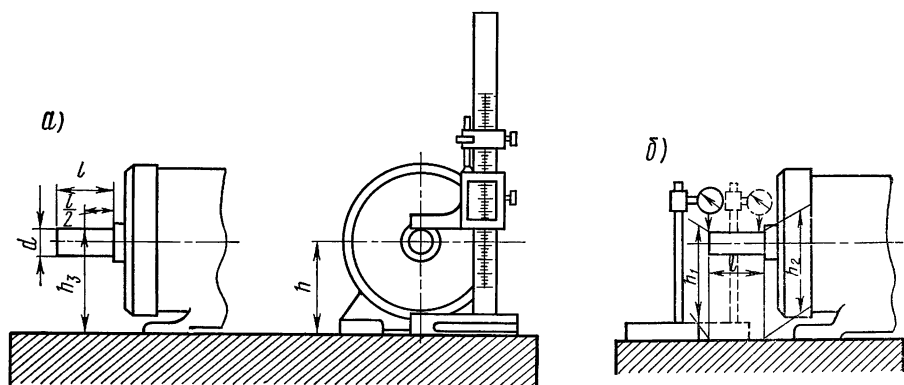


Рис. 19-3. Проверка высоты и непараллельности оси вращения вала относительно оси опорной поверхности лап

100 мм, определит величину непараллельности, которая будет равна $(h_1 - h_2) 100/l$. Подсчитанная по этой формуле величина не должна быть более допустимой.

Разность величин $h_1 - h_2$ в зависимости от направления наклона оси вала может быть положительной или отрицательной.

При проверке непараллельности оси вращения вала опорной поверхности лап нет необходимости измерять абсолютную величину h_1 и h_2 , а можно определить только их разность.

В случае совмещения проверки высоты оси вала с проверкой непараллельности оси вращения определяют абсолютную величину размеров h_1 и h_2 вышеописанными методами. Размер h рассчитывают по формуле

$$h = \frac{h_1 + h_2 + d}{2}.$$

Контроль размеров выступающего конца вала. У выступающего конца вала контролируется: калибрами-скобами посадочная поверхность цилиндрического конца, резьбовым калибром точность нарезанной части вала и шаблонами или универсальными измерительными инструментами высота и ширина шпонки, ширина и глубина

паза под шпонку (кроме глубины на коническом конце вала); измеряется биение.

У валов, имеющих конический выступающий конец, с помощью конического калибра-кольца проверяется отклонение размеров конического конца вала от номинальных.

Методы контроля указанных величин изложены в гл. III.

Радиальное биение конца вала относительно оси вращения измеряется по середине его посадочной части ($l/2$) индикатором.

Эта операция обычно совмещается с операцией проверки высоты оси вращения вала и ее непараллельности.

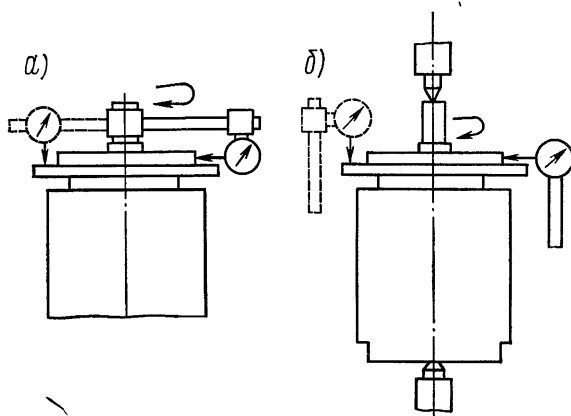


Рис. 19-4. Проверка биения опорного торца крепительного фланца относительно оси вращения:

а — при закреплении индикатора на валу; б — при проверке в вертикальных центровых стойках

Допустимая величина биения конца вала (ГОСТ 8592—66, п. 3.6) стандартом устанавливается в зависимости от диаметра вала и точности его исполнения. Например, для интервала диаметров валов свыше 30 и до 50 мм нормальной точности предельное биение не выше 0,05 мм, а для валов свыше 120 и до 150 мм оно равно 0,100 мм.

Контроль размеров отверстий и их расположение в лапах для крепления электрических машин. Диаметры крепежных отверстий в лапах машин, их расположение между собой, относительно осей и вдоль оси машины определяются номинальными размерами d_4 , c , $2c$, c_2 , $2c_2$, L_8 и допускаемыми отклонениями на эти размеры, величины которых устанавливает стандарт. Контроль размеров отверстий d_4 может производиться калибром-пробкой.

Проверка в собранной машине правильности расположения отверстий в лапах относительно их номинального положения представляет большие трудности и обычно не производится. Правильное расположение отверстий в лапах необходимо обеспечить при обработке станины. Поэтому при расточном варианте обработки станин расточка замков производится с базой от опорной поверхности лап

и двух отверстий в них, а при токарном варианте за базу для кондуктора, через который сверлятся отверстия в лапах, принимают отверстия под подшипниковый щит и торец станины, которым она будет обращена в собранной машине в сторону выходного конца вала (см. гл. III)

Контроль сопрягаемых размеров крепительного фланца. Электрическая машина без лап с изделием, которое она будет приводить во вращение, сопрягается при помощи крепительного фланца, выполненного за одно целое с подшипниковым щитом или станиной (ГОСТ 2479—65 группы МЗ и М4). При этом крепительный фланец может иметь заточку или выточку (см. рис. 19-2). Проверка диаметров заточек производится калибрами-скобами, а диаметров выточек — специальными калибрами-пробками или штихмассами. Размеры h_6 и h_7 , на котором ГОСТ 8592—66 устанавливает соответствующие отклонения (пункты 4.2 и 4.3), проверяются шаблонами.

Согласно ГОСТу, величина биения заточки или выточки крепительного фланца относительно оси вращения вала определяется индикатором, закрепленным с помощью специальной державки посередине посадочной части вала (рис. 19-4, а). Если закрепить индикатор на валу невозможно, двигатель устанавливается в вертикальных центровых стойках, а индикатор крепится на станине стоек (рис. 19-4, б).

При измерении радикального биения наконечник индикатора должен касаться середины контролируемых поверхностей. В этой же операции производится измерение биения опорного торца крепительного фланца (на рис. 19-4 индикатор показан пунктиром) относительно оси вращения.

Величина биения определяется на большем диаметре контролируемых поверхностей.

Величины радиального и торцевого биения не должны быть больше приведенных в табл. 7 ГОСТ 8592—66.

§ 19-5. Станции для испытания электрических машин и автоматизация процесса испытания

Контрольные испытания электрических^{*} машин производятся на испытательных станциях, которые выделяются в отдельные участки или встраиваются в поток.

В условиях мелкосерийного и серийного производства электрические машины испытываются на станциях со стационарными стендами. Испытательный стенд представляет собой массивную металлическую плиту, покоящуюся на бетонном основании. Основание делается массивным для поглощения вибраций, возникающих при испытании электрических машин с недостаточно сбалансированным ротором.

Для крепления испытуемых машин на стенде предусмотрены Т-образные пазы, располагаемые во взаимно перпендикулярных направлениях. В эти пазы вставляют крепительные болты.

На стенде испытываемая машина сочленяется с приводным двигателем при помощи эластичных муфт, карданных валов, компенсирующих возможные перекосы осей валов сочленяемых машин. Для испытания электрических машин на холостом ходу к стенду подводится низкое напряжение.

Испытание электрической прочности изоляции обмоток высоким напряжением производится обычно на отдельном стенде, огороженном со всех сторон металлической сеткой. Испытание на таком стенде должно производиться с соблюдением всех правил техники безопасности при работе на высоковольтных установках.

Кроме испытательных стендов и кабины для испытания на электрическую прочность изоляции высоким напряжением, на испытательной станции должна быть контрольная плита для проверки присоединительных размеров, распределительные щиты, пульты для включения испытательного напряжения стендов, различные электрические приборы (мегомметры, вольтметры, амперметры и т. п.) на стендах или отдельно и измерительные инструменты (штангенрейсмасы, индикаторы, калибры, щупы) для проверки присоединительных размеров электрических машин.

Постоянный и переменный ток для испытания электрических машин подается на испытательную станцию из машинного зала, располагаемого в отдельном помещении и обычно рядом с испытательной станцией.

В машинном зале устанавливается различное оборудование (трансформаторы напряжения, синхронный генератор, преобразователи, выпрямители и т. п.), необходимое для получения постоянного и переменного токов, требуемых для испытания электрических машин параметров.

В крупносерийном и массовом производствах выпуск электрических машин достигает несколько сотен в смену. Сборка и испытание их производится обычно на сборочных и испытательных конвейерах.

Одним из пионеров внедрения испытания электрических машин на конвейере явился Московский завод «Динамо» им. Кирова. В настоящее время контрольные испытания асинхронных электродвигателей автоматизированы на ряде заводов.

На рис. 19-5 показан конвейер для контрольных испытаний четырех габаритов шестнадцати типоразмеров крановых асинхронных двигателей с фазным (тип МТ) и короткозамкнутым ротором (тип МТК). Мощность испытываемых двигателей от 1,4 до 22 *квт*, напряжение 220/380 *в*.

На конвейере производятся следующие операции: обкатка двигателя на холостом ходу; испытание при повышенной скорости вращения; определение тока холостого хода; определение коэффициента трансформации (для двигателей с фазным ротором); испытание электрической прочности изоляции обмоток между витками; измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса; испытание электрической прочности изоляции обмоток относительно корпуса и между фазами высоким напряжением.

Испытательный конвейер представляет собой конвейер тележечного типа. На неподвижной части конвейера (металлический каркас) смонтированы приводная и натяжная станции, верхние и нижние пазы рельсов для направления движения тележек, токоведущие шины и различные упоры, воздействующие на ролики рычагов выключателей, при подходе тележек к соответствующим участкам конвейера.

Подвижная часть конвейера состоит из 172 тележек, соединенных между собою непрерывной цепью. Цепь с тележками приводится

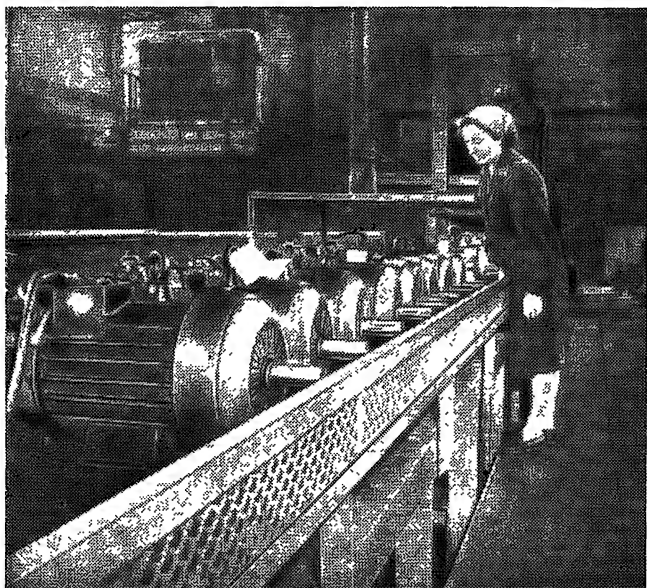


Рис. 19-5. Конвейер для автоматического испытания крановых электродвигателей

в движение звездочкой приводной станции, которая вращается от асинхронного двигателя.

Две тележки составляют одно установочное место. Каждое установочное место оборудовано выключателями и элементами токосъема (щетки).

Одновременно на конвейере может быть установлено 38 электродвигателей 1—3-го габаритов и 19 электродвигателей 4-го габарита. Расстояние между двумя установочными местами равно 440 мм, скорость движения тележек — 293 мм/мин. Производительность испытания для первых трех габаритов 40, а четвертого — 20 штук в час.

Испытательный конвейер является одним из участков поточной линии изготовления асинхронных двигателей.

Собранные на конвейере электродвигатели при помощи электротельфера передаются на небольшой по размерам приводной ролик — накопитель.

С роликатора оператор испытательной станции при помощи электротельфера устанавливает на установочное место конвейера двигатель, подлежащий испытанию.

Испытуемый двигатель при помощи выводных концов подключается к электросхеме тележки и ему специальным программирующим устройством задается соответствующая программа автоматического испытания.

Испытательный конвейер разбит на различные участки, на которых производится испытание одного из вышеуказанных параметров. При подходе тележек с двигателем к определенному участку щетки токосъемного устройства тележки соединяются с неподвижными токоподводящими шинами (шины между участками разомкнуты). Включается двигатель для испытания выключателем, смонтированным на тележке. При движении тележки ролик рычага выключателя наезжает на неподвижный упор и рычаг отклоняется, в результате чего происходит замыкание контактов.

Измерение электрических параметров испытуемых двигателей производится путем сравнения с эталоном, принятым за номинальную величину. При отклонениях измеряемой величины, выходящих за предел допуска, измерительный прибор при помощи специального устройства подает импульс на сигнальное реле, которое включает звуковой и световой сигналы и отключает двигатель, приводящий в движение конвейер.

Оператор помечает дефектный двигатель и в сопроводительной записке делает отметку о виде брака.

Пуск конвейера и выключение сигнализации производится нажатием на кнопку «пуск». Внедрение испытательного конвейера позволило сэкономить значительную производственную площадь, обеспечить непрерывность поточного производства, уменьшить количество обслуживающего персонала.

В результате автоматизации процесса испытания улучшились условия труда контролеров, повысилась безопасность работы.

§ 19-6. Вопросы техники безопасности при испытании электрических машин

Испытательная станция может стать источником повышенной опасности для обслуживающего персонала станции при испытании электрических машин, если не будут соблюдены определенные правила безопасности. Эти правила относятся к устройству и оборудованию испытательных станций, их эксплуатации и содержанию, производству испытаний электрических машин.

Персонал, обслуживающий испытательные станции, должен строго соблюдать инструкцию по технике безопасности.

Основные требования инструкции по технике безопасности к устройству испытательных станций и работе на них следующие:

1) испытательные станции должны соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок»;

2) распределительные устройства и пульты управления должны быть выполнены в защищенном исполнении;

3) на испытательной станции должен находиться полный комплект электросхем установленного оборудования;

4) на видных местах необходимо вывесить производственные инструкции, плакаты и правила по оказанию первой помощи и тушению пожара;

5) испытательные станции должны иметь постоянные или временные ограждения.

У пультов и стенов голые токоведущие шины должны быть также ограждены, а при напряжении выше 1000 в должны ограждаться и изолированные токоведущие части.

Конструкция ограждений должна исключать возможность случайного прикосновения к токоведущим частям;

6) ограждения, корпуса электрических машин, оболочки пультов и стенды должны быть надежно заземлены;

7) двери ограждений, открывающиеся или съемные элементы корпусов или оболочек оборудования испытательной станции, если при их открывании или снятии становится возможным доступ к токоведущим частям, должны иметь блокировки;

8) блокировки при открывании дверей должны полностью снимать напряжение с испытательного стенда (разрывать цепь), а при закрывании дверей напряжение может быть восстановлено лишь после повторного включения пускового устройства;

9) испытательная станция должна быть хорошо освещена;

10) перед началом испытаний ответственный руководитель или исполнитель работ должен проверить правильность сборки испытательной схемы, наличие и надежность заземления, наличие необходимых защитных средств, надежность работы сигнализации и блокировки, удалить людей от испытываемых объектов. Только после этого можно включить напряжение, о чем должен быть подан звуковой или световой сигнал;

11) при испытании электрических машин должны выполняться следующие требования:

а) измерение сопротивления изоляции электрических машин можно производить при невращающейся и отключенной от сети машине;

б) различные пересоединения на клеммах испытуемой машины следует производить после полной остановки машины и отключения напряжения;

в) при испытании электрической прочности изоляции высоким напряжением подача напряжения на испытуемое изделие должна производиться с помощью изолирующих штанг. При этом испытуемое изделие должно находиться в защищенной кабине, а ручки штанги

должны быть вынесены за кабину, с тем чтобы исключить возможность прикосновения к рабочему проводу. Ограждение кабины, через которое выведены ручки штанги, должно быть заземлено. Брать штанги в руки за изолированные рукоятки испытателю разрешается в резиновых перчатках, стоя на резиновом коврикe. Испытание электрических машин, не имеющих защитных кожухов, при повышенной скорости вращения следует производить в специальных камерах или под кожухом с толстыми металлическими стенками, с тем чтобы в случае разрыва бандажей обода ротора или отрыва лопаток вентилятора защитить людей от отлетающих с большой скоростью кусков металла.

1. Н. В. В и н о г р а д о в. Производство электрических машин, Госэнергоиздат, 1961.
2. Альбом «Обмоточно-изоляционное оборудование». Центральный институт научно-технической информации электротехнической промышленности и приборостроения, 1960.
3. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института технологии электромашино- и аппаратостроения. Вып. 1, «Энергия», 1962.
4. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института технологии электромашино- и аппаратостроения. Вып. 3. «Энергия», 1965.
5. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института технологии электромашино- и аппаратостроения. Вып. 4, «Энергия», 1966.
6. Труды Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института технологии электромашино- и аппаратостроения. Вып. 5. «Энергия», 1966.
7. Труды Всесоюзного научно-исследовательского и проектно-конструкторского института технологии электромашино- и аппаратостроения. Вып. 6. «Энергия», 1968.
8. Технология и организация поточного производства трансформаторов и электродвигателей в Бельгии. Центральный институт научно-технической информации электротехнической промышленности и приборостроения, 1962.
9. Е. М. К о з л о в. Механизация обмоточно-изоляционных работ при производстве электрических машин. Госэнергоиздат, 1963.
10. Справочник технолога-машиностроителя, т. 1, 2. Машгиз, 1963.
11. В. Е в з л и н, П. О с м а н о в и др. Точность обработки замков статоров электродвигателей на автомате ЦСП-2. «Электротехническая промышленность», Вып. 314, 1968.
12. В. П. Р о м а н о в с к и й. Справочник по холодной штамповке «Машиностроение», 1965.
13. Я. И. К а г а н и др. Пути устранения заусенцев на листах магнитопроводов электрических машин. Труды ВНИИТЭЛЕКТРОПРОМа. Вып. 5. «Энергия», 1966.
14. А. Ф. Ф и ш и др. Коллекторы электрических машин на пластмассе. Госэнергоиздат, 1963.
15. П. А. Б а б а д ж а н я н и Б. Ю. Л ю с и н. Конструкция и производство коллекторов электрических машин. Госэнергоиздат, 1960.
16. В. А. Е г о р о в. Производство и ремонт коллекторов крупных электрических машин. Госэнергоиздат, 1960.
17. В. П. З у б а р ь и др. К вопросу точения коллекторов электрических машин. Труды ВНИИТЭЛЕКТРОПРОМа. Вып. 5. «Энергия», 1966.
18. А. П. В о с к р е с е н с к и й, Б. И. К у з н е ц о в. Об улучшении характеристик короткозамкнутых асинхронных двигателей с литой алюминиевой клеткой ротора. «Электротехника», 1964, № 5.
19. В. Г. К о с т р и ц а, А. А. Б о н д а р е н к о. Выбор направлений усовершенствования заливки роторов электродвигателей. Труды ВНИИТЭЛЕКТРОМАШа. Вып. 4. «Энергия», 1966.
20. Л. С. М а к а р о в, И. З. У р е ц к и й. Заливка роторов электродвигателей больших габаритов. «Энергия», 1966.

21. А. К. В а р д е н б у р г, П. М. П и л и п о с я н. Эпоксидная напыленная изоляция, Информстандартэлектро, 1968.

22. К. Н. Б а р э м б о, Л. М. Б е р н ш т е й н. Сушка, пропитка и компаундирование обмоток электрических машин. «Энергия», 1967.

23. М. В. С м и р н о в. Контроль и испытание обмоток электрических машин и аппаратов. Госэнергоиздат, 1959.

24. А. Н. В о с к р е с е н с к и й. Влияние неравномерности воздушного зазора на характеристики асинхронного электродвигателя, Вестник электропромышленности, 1954. № 5.

25. Г. К. Ж е р в е. Промышленные испытания электрических машин. «Энергия», 1968.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
-----------------------	---

Р а з д е л п е р в ы й

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИЯ

<i>Глава I.</i> Основные понятия и положения	4
§ 1-1. Краткий обзор развития электромашиностроения	4
§ 1-2. Характеристика и особенности технологии электромашиностроения	8
§ 1-3. Структура электромашиностроительного завода	10
§ 1-4. Производственный и технологический процессы	13
§ 1-5. Типы производств	14
<i>Глава II.</i> Основы проектирования технологических процессов	16
§ 2-1. Технологическая подготовка производства	16
§ 2-2. Технологическая документация	17
§ 2-3. Припуски на обработку	21
§ 2-4. Основные понятия о базировании деталей	23
§ 2-5. Типизация технологических процессов и групповая обработка	26
§ 2-6. Техническое нормирование	27

Р а з д е л в т о р о й

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЕРДЕЧНИКОВ МАГНИТОПРОВОДОВ, КОЛЛЕКТОРОВ И КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

<i>Глава III.</i> Механическая обработка деталей	31
§ 3-1. Общие вопросы	31
§ 3-2. Обработка валов	32
§ 3-3. Обработка станин	48
§ 3-4. Обработка подшипниковых щитов	57
§ 3-5. Обработка деталей коллектора электрических машин постоянного тока	66
§ 3-6. Определение экономической эффективности выбранного варианта механической обработки	71
<i>Глава IV.</i> Штамповка деталей электрических машин	78
§ 4-1. Характеристика электротехнической стали	78
§ 4-2. Раскрой листов	78
§ 4-3. Усилие резания при вырубке и пробивке	80
§ 4-4. Типы штампов	82

§ 4-5. Зазоры между матрицей и пуансоном	85
§ 4-6. Стойкость штампов	87
§ 4-7. Оборудование, применяемое для штамповки листов сердечников	89
§ 4-8. Штамповка листов сердечников в различных типах производства	95
§ 4-9. Штамповка листов главных полюсов	97
§ 4-10. Снятие заусенцев у штампованных деталей	97
§ 4-11. Автоматизация процесса штамповки	98
§ 4-12. Механизация транспортировки отходов и готовых листов статора и ротора	101
§ 4-13. Вопросы техники безопасности в штамповочных цехах	104
Глава V. Изготовление сердечников магнитопроводов	106
§ 5-1. Типы сердечников	106
§ 5-2. Отжиг листов сердечников	110
§ 5-3. Изолирование листов сердечников	110
§ 5-4. Ориентирование листов сердечников по шпоночной канавке и шихтовочному знаку	111
§ 5-5. Шихтовка сердечников роторов, якорей, статоров	115
§ 5-6. Прессовка сердечников	119
§ 5-7. Обработка пазов сердечников	120
§ 5-8. Сборка сердечников главных полюсов	122
§ 5-9. Автоматизация сборки сердечников	122
Глава VI. Изготовление коллекторов и контактных колец	125
§ 6-1. Типы коллекторов и технические требования к ним	125
§ 6-2. Изготовление коллекторных пластин	127
§ 6-3. Изготовление коллекторных прокладок	131
§ 6-4. Изготовление миканитовых манжет	133
§ 6-5. Основные операции сборки и обработки коллекторов	136
§ 6-6. Изготовление коллекторов на пластмассе	146
§ 6-7. Контроль коллекторов	154
§ 6-8. Сборка контактных колец	156

Р а з д е л т р е т и й

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Глава VII. Общие вопросы обмоточно-изоляционного производства	159
§ 7-1. Изделия, изготавливаемые в обмоточно-изоляционных цехах, и особенности их технологии	159
§ 7-2. Классы нагревостойкости электроизоляционных материалов	160
§ 7-3. Материалы, применяемые при изготовлении обмоток	161
§ 7-4. Заготовительные работы	163
Глава VIII. Изготовление обмоток якорей, роторов и статоров	168
§ 8-1. Типы обмоток и область применения	168
§ 8-2. Изготовление одновитковых катушек якоря	170
§ 8-3. Изготовление многовитковых катушек якоря	175
§ 8-4. Изготовление шаблонных катушек статора и стержней ротора	179
§ 8-5. Намотка насыпных катушек	184

<i>Глава IX.</i>	Изготовление катушек полюсов	186
§ 9-1.	Типы катушек полюсов	186
§ 9-2.	Изготовление катушек полюсов из круглого и прямоугольного изолированных проводов	190
§ 9-3.	Изготовление катушек из голого медного провода, наматываемого плашмя	194
§ 9-4.	Изготовление катушек из голого медного провода, наматываемого на ребро	196
§ 9-5.	Изготовление полюсных катушек и катушек якоря с изоляцией типа «моноклит»	201
<i>Глава X.</i>	Изолирование катушек и пазов сердечников	203
§ 10-1.	Изолирование катушек	203
§ 10-2.	Изолирование пазов сердечников	207
<i>Глава XI.</i>	Укладка и соединение катушек якорей машин постоянного тока	209
§ 11-1.	Подготовка сердечника к укладке катушек якоря	209
§ 11-2.	Укладка катушек в пазы сердечника	214
§ 11-3.	Бандажировка якоря	215
§ 11-4.	Отделка якоря	220
<i>Глава XII.</i>	Укладка и соединение катушек роторов и статоров	224
§ 12-1.	Общие вопросы	224
§ 12-2.	Укладка и соединение выпных обмоток статоров и роторов	226
§ 12-3.	Укладка и соединение стержневой обмотки ротора	232
<i>Глава XIII.</i>	Изготовление роторов с короткозамкнутой обмоткой	235
§ 13-1.	Типы короткозамкнутых обмоток и общие вопросы их изготовления	235
§ 13-2.	Заливка короткозамкнутых роторов алюминием	238
§ 13-3.	Влияние различных способов заливки на качество короткозамкнутых роторов	245
✓ § 13-4.	Изготовление короткозамкнутых роторов с обмоткой из медных и латунных стержней	247
<i>Глава XIV.</i>	Особенности изготовления и укладки обмоток микромашин	247
§ 14-1.	Провода обмоток микромашин	247
§ 14-2.	Подготовка сердечников к укладке обмоток	249
§ 14-3.	Укладка обмоток якорей	251
<i>Глава XV.</i>	Пропитка и сушка обмоток	253
§ 15-1.	Назначение пропитки	253
§ 15-2.	Методы пропитки	254
§ 15-3.	Сушка обмоток	261
§ 15-4.	Пропиточно-сушильные отделения	263
§ 15-5.	Механизация и автоматизация пропиточно-сушильных работ	267
§ 15-6.	Техника безопасности и противопожарная техника при пропитке и сушке	272
<i>Глава XVI.</i>	Пайка и сварка соединений в обмотках	273
§ 16-1.	Общие вопросы	273
§ 16-2.	Пайка мягкими припоями	275
§ 16-3.	Пайка твердыми припоями	277
§ 16-4.	Сварка соединений в обмотках	279
§ 16-5.	Лужение	280
<i>Глава XVII.</i>	Контроль и испытание обмоток	282
§ 17-1.	Назначение, стадии контроля и испытания обмоток	282
§ 17-2.	Проверка обмоток на отсутствие межвиткового замыкания	283
§ 17-3.	Испытание обмоток аппаратами СМ-1	285
§ 17-4.	Проверка последовательности фаз статора	288

Раздел четвертый

СБОРКА И ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

<i>Глава XVIII.</i>	Сборка электрических машин	289
§ 18-1.	Основные определения	289
§ 18-2.	Организационные формы сборки	289
§ 18-3.	Балансировка роторов (якорей)	292
§ 18-4.	Монтаж подшипников	300
§ 18-5.	Общая сборка электрических машин переменного тока	304
§ 18-6.	Общая сборка электрических машин постоянного тока	309
§ 18-7.	Окраска и сушка деталей и собранных электрических машин	314
<i>Глава XIX.</i>	Испытания электрических машин	324
§ 19-1.	Общие вопросы	324
§ 19-2.	Программа контрольных испытаний электрических машин по ГОСТ 183—66	325
§ 19-3.	Методы испытаний	326
§ 19-4.	Проверка установочно-присоединительных размеров	328
§ 19-5.	Станции для испытания электрических машин и автоматизи- зация процесса испытания	332
§ 19-6.	Вопросы техники безопасности при испытании электриче- ских машин	335
Литература		338

Алексей Александрович Осьмаков

ТЕХНОЛОГИЯ
И ОБОРУДОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
МАШИН

Редактор *А. М. Крайцова*

Художник *В. З. Казакевич*

Художественный редактор *Н. К. Гуторов*

Технический редактор *Э. М. Чижевский*

Корректор *Г. И. Кострикова*

Т—11939 Сдано в набор 17/III—1971 г. Подписано к печати 29/VII—1971 г.
Формат 60×90/16. Объем 21,5 печ. л. Уч.-изд. л. 21,87

Изд. №. СТИ-117. Тираж 21 000 экз. Цена 88 коп. Зак. 863

План выпуска литературы издательства «Высшая школа»
(вузы и техникумы) на 1971 г. Позиция № 329

Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14.

Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 16 Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР. Москва, Трехпрудный пер., 9